

2₅ anni di GALILEO

Rivista d'informazione,
attualità e cultura
degli Ingegneri di Padova

www.galileomagazine.com

duecento
quindici

Più di quanto ti aspetti.

Fasciature in fibra di carbonio
per c.a. e muratura

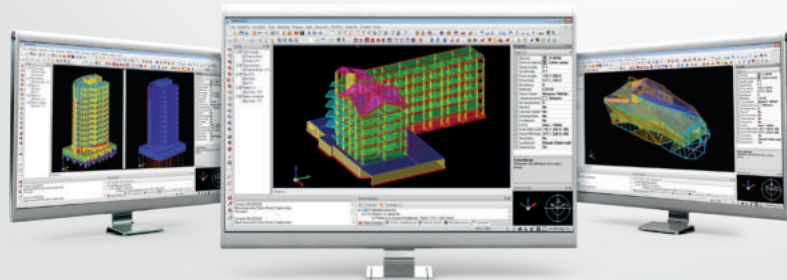
Assistenza e aggiornamenti
completi ed efficienti

Giunzioni tra aste in legno
con piastre in alluminio

Isolatori sismici isteretici
e a pendolo

Calcolo spinta delle terre
portanza, distorsioni

Travi reticolari miste
Prem ed NPS®



Anche solo nelle sue funzionalità di base Sismicad può essere uno strumento indispensabile per i moderni professionisti del calcolo strutturale.

E' dotato di un solutore ad elementi finiti, possiede prestazioni di altissimo livello ed una estrema facilità di gestione degli input 3d, anche in Autocad LT®, e con la sua potenza di calcolo è da tempo un prodotto di riferimento continuamente aggiornato e seguito da un efficiente servizio di assistenza tecnica. In pochi pacchetti completi sono disponibili analisi per gli edifici esistenti sia lineari che pushover, interventi di rinforzo, analisi e relazioni geotecniche, isolatori sismici, pareti in legno con modellazioni anche non-lineari, giunzioni... e molto altro ancora.

Sismicad 12

Più di quanto ti aspetti





Anno XXVI
n. 215
Marzo-Aprile
2014

Foto di copertina: Reggio Emilia, particolare del ponte a scavalco della A1 e Tav

Editore Collegio degli Ingegneri della Provincia di Padova, piazza G. Salvemini 2, 35131 Padova, tel-fax 0498756160, segreteria@collegioingegneripadova.it, www.collegioingegneripadova.it • **Direttore responsabile** Enzo Siviero, enzosisiviero & partners srl <info@esap.it> • **Condirettore** Pierantonio Barizza • **Vicedirettore** Michele Culatti • **Comitato di gestione** Gian Luigi Burlini, Stefano Casarotti-Todeschini, Giuliano Marello, Ezio Miozzo, Giorgio Simioni, Enzo Siviero • **Comitato di redazione** Lamberto Bertoli, Paolo Caporello, Renzo Ferrara, Paolo Foletto, Maria Elena Frusciante, Guglielmo Monti, Alessandro Stocco • **Impaginazione e redazione** Queen's Srl, via Zabarella 32, 35121 Padova, 049654749, 3296381117 redazione@galileomagazine.com • **Edizione digitale** Luigi Parise, luigi.parise@redape.it • **Pubbliche relazioni** Giorgia Roviaro, 0498070956, relazionisternegalileo@gmail.com • **Stampa** La Photograph, via L. da Zara 8, 35020 Albignasego Pd, 049 8625690 • **Autorizzazione Tribunale di Padova** n. 1118 del 15 marzo 1989 • **Spedizione in abbonamento postale** 45%, art. 2, comma 20/b, legge 662/96, Filiale di Padova • **ISSN** 1122-9160 • **Avvertenze** La Direzione non si assume alcuna responsabilità per eventuali danni causati da informazioni errate. Gli articoli firmati esprimono solo l'opinione dell'autore e non impegnano in alcun modo né l'editore né la redazione • **Tutela della privacy** Qualora siano allegati alla rivista, o in essa contenuti, questionari oppure cartoline commerciali, si rende noto che i dati trasmessi verranno impiegati a scopo di indagine di mercato e di contatto commerciale, ex D.L. 123/97. Si informano gli abbonati che il loro indirizzo potrà essere impiegato anche per l'invio di altre riviste o di proposte commerciali. È diritto dell'interessato richiedere la cancellazione o la rettifica, ai sensi della L. 675/96 • **Norme generali e informazioni per gli autori** Galileo pubblica articoli di ingegneria, architettura, legislazione e normativa tecnica, attualità, redazionali promozionali. Viene inviato gratuitamente agli iscritti all'Ordine e al Collegio degli Ingegneri della provincia di Padova, nonché a persone, enti e istituzioni selezionati su tutto il territorio nazionale. Iscrizione annuale al Collegio, aperta anche ai non ingegneri: 35 € da versare sul c/c 473045, Banca di Credito Cooperativo di Sant'Elena, Agenzia Padova, IBAN IT59J0884312100 000000473045. Gli articoli vanno trasmessi a: redazione@galileomagazine.com, redazione@galileo.191.it. L'approvazione per la stampa spetta al Direttore che si riserva la facoltà di modificare il testo nella forma per uniformarlo alle caratteristiche e agli scopi della Rivista dandone informazione all'Autore. La proprietà letteraria e la responsabilità sono dell'Autore. Gli articoli accettati sono pubblicati gratuitamente purché non superino i cinquemila caratteri e le cinque illustrazioni. Per testi superiori viene richiesto un contributo spese da valutare volta per volta. I testi vanno forniti in formato elettronico Word (.doc) non impaginato. Le immagini in formato digitale Jpeg (.jpg) vanno fornite in file singoli separati dal testo: definizione 300 dpi e base max 21 cm. Bibliografia e note vanno riportate con numerazione progressiva seguendo l'ordine di citazione. Un breve curriculum professionale dell'autore (circa 60 parole) può essere inserito alla fine dell'articolo e comparirà nella stampa. Le bozze di stampa vanno restituite entro tre giorni dall'invio. Gli Autori possono ritirare gratuitamente tre copie della rivista presso il Collegio degli Ingegneri, ulteriori copie (2,50 € a copia) possono essere richieste prima della stampa a Segreteria del Collegio degli Ingegneri, tel-fax 0498756160, segreteria@collegioingegneripadova.it.

Contenuti

In ricordo di Giorgio Romaro (1931 - 2014)

Enzo Siviero, Carmelo Majorana
Pierantonio Barizza, Gian Luigi Burlini
Chiara Romaro

4

Daniele Calabi La clinica pediatrica universitaria di Padova

Angela Pengo, Ilaria Scalzotto

8

La tecnologia laser scanner per il rilievo dei ponti

Laura Baratin

12

Le ragioni di un rinnovamento culturale nella progettazione delle infrastrutture di trasporto

Francesco Annunziata

18

I mali culturali

Quarta parte

Guglielmo Monti

20

Europa sì Europa no

Titti Zezza

24

Le supernove

Lamberto Bertoli

26



In ricordo di Giorgio Romaro (1931 - 2014)

Caro Giorgio, ci sei stato brutalmente rapito. Agli Ingegneri mancheranno i tuoi articoli-pensiero e quei consigli di cui solo tu eri capace.

Ci consola il pensiero che il Mestiere di cui eri depositario anche per eredità famigliare si perpetuerà nei tanti eredi diretti e indiretti che hai lasciato. Le generazioni di studenti che hanno bevuto le tue lezioni a ingegneria e i tanti allievi di architettura che hanno avuto modo di apprezzare la qualità e l'entusiasmo che distinguevano le tue lezioni-seminari allo IUAV.

Da protagonista, nel corso del tuo lavoro con Salvatore De Luna, Armando e Luigi Cimolai hai fatto la storia delle costruzioni metalliche in Italia; con Pietro Matildi, Fabrizio De Miranda, Leo Finzi e Vittorio Nascè hai saputo promuovere con esemplare perseveranza una cultura dell'acciaio allora pressoché sconosciuta in Italia e oggi all'avanguardia. Tanti ancora, in campo accademico, hanno raccolto la tua eredità: da Giulio Ballio a Federico Mazzolani, da Massimo Majowiecki a Raffaele Landolfo.

Permettimi di ricordare qualche momento della nostra quasi cinquantennale amicizia.

È sempre viva in me, studente universitario di Tecnica delle Costruzioni (erano gli anni Sessanta), l'emozione per la visita ai due edifici in acciaio, Coin e Bozzola, primi nel loro genere a Padova. All'esperienza del cantiere – allora quasi una costante per gli studenti – si unirono affascinanti descrizioni del tuo progetto e della sua realizzazione. Racconti dettagliati che la tua passione e la tua competenza ha reso indimenticabili. Tanti ancora sono i motivi per la mia gratitudine: i tuoi consigli quando da giovane laureato mi indirizavi verso lo IUAV, i seminari veneziani degli anni '90 che mi hanno suggerito la collana editoriale Strutture in Architettura, il grande piacere di laureare in architettura tua figlia Chiara e di seguire una tesi di laurea dedicata agli «Ingegneri Romaro», testimonianza di una storia padovana di assoluta eccellenza... ma in particolare ti sono grato per essere intervenuto per il ponte di Calatrava a Venezia con quel tuo tocco di alta professionalità che mi ha consentito, come colaudatore statico, di condurre in porto un contrastato e controverso progetto.

Infine, caro Giorgio, ti ringrazio a nome della nostra rivista *Galileo* per essere stato presente sin dal suo primo numero, nel lontano 1989, con i tuoi articoli (uno all'anno dicesti, e mai promessa fu meglio mantenuta) in cui ci raccontavi con semplicità e orgoglio le tante grandi realizzazioni internazionali, un entusiasmo e una sapiente capacità di divulgazione, pensiero-azione che sono e saranno esempio per tutti, giovani e non.

Credimi indimenticabile Giorgio, sei sempre stato con noi e lo sarai ancor più oggi che ti sei messo in viaggio. Sei stato un grande Ingegnere e un Uomo eccezionale. Tutti noi ti dobbiamo molto. Un fraterno abbraccio. Enzo per Te!

Giorgio Romaro è stato un docente esemplare e un amico. Professore di Apparecchi e Impianti di Sollevamento e Trasporto, presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Padova, ha insegnato questa disciplina dal 1966 al 1996, data del suo ritiro in quiescenza.

È stato autore di svariate memorie sulle costruzioni metalliche, di cui era specialista riconosciuto a livello nazionale ed europeo.

L'attività scientifica del Prof. Romaro è stata focalizzata sulle costruzioni di acciaio, di cui è stato interprete d'eccezione. La sua competenza e professionalità hanno fatto sì che fosse un sicuro riferimento per tutti noi e per chiunque dovesse risolvere complessi problemi costruttivi, anche in casi di strutture molto ardite. Le sue capacità gli sono valse per vincere svariati premi sulle costruzioni metalliche in ambito internazionale. Fra queste ricordiamo il Palazzetto dello Sport di Milano, che per carenze di manutenzione ebbe un ammaloramento, non certo per difetti di progettazione o di costruzione.

La sua attività didattica, contraddistinta da esemplare essenzialità, ha contribuito a formare il profilo progettuale di generazioni di ingegneri attivi sia in campo accademico che professionale.

Oltre alla sua attività scientifica e didattica vorrei ricordare la passione di Giorgio Romaro per la montagna. Giorgio ha, fa l'altro concepito e realizzato un'attrezzatura di laboratorio per le prove sulle corde di montagna, unica nel suo genere in Italia.

Di Giorgio Romaro ricordiamo il grande coraggio. Nel periodo delle contestazioni studentesche, all'inizio degli anni '70, affrontò situazioni di difficoltà mostrando grande determinazione nella difesa dell'istituzione universitaria, usando toni pacati e spendendosi in prima persona, come viene ricordato dai colleghi più anziani.

Personalmente, ricordo la giornata a lui dedicata, in occasione dei giochi olimpici di Atene, in cui oltre 300 ingegneri parteciparono a un convegno che lo vide grande protagonista e in cui Giorgio ricordava, con delle bellissime immagini tratte dalla tradizione familiare, l'erezione di un obelisco – struttura monolitica – nella Capitale, di cui andava giustamente fiero.

Noi allievi abbiamo avuto in lui un amico, oltre che poi un collega. Oggi lo ricordiamo con grande affetto, stima e profonda riconoscenza.

Carmelo Majorana

Direttore del Dipartimento di Ingegneria Civile
Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova

Poche cose mi rendono orgoglioso come l'amicizia con Giorgio Romaro. L'ho conosciuto come docente all'Università e incontrato poi al Collegio degli Ingegneri, dove era solito venire il lunedì sera, rincasando puntualmente alle 20.

Non si vantava dei successi che riscuoteva in tutto il mondo, ma rendeva partecipi tutti delle sue gare contro il tempo e contro gli scettici. Giorgio ci faceva sentire ingegneri colleghi, anche se l'esperienza e lo spessore tecnico professionale erano indubbiamente diversi: esercitava la modestia come stile di vita. Un giorno mi ha ringraziato di poche brevi note pubblicate su un numero speciale che lo riguardava, e ricambiato l'amicizia. Ed io ricordo quel giorno come un giorno speciale, il momento in cui un ingegnere allora giovane ha stretto amicizia con un gigante delle costruzioni d'acciaio.

La Fondazione Ingegneri Padova ha deciso di dedicare all'Ing. Giorgio Romaro un premio dell'annuale concorso ACAI-CTA-Fondazione Ingegneri Padova riservato alle tesi di laurea che pongono in evidenza i vantaggi del costruire con l'acciaio.

Pierantonio Barizza

Ho conosciuto Giorgio Romaro moltissimi anni fa, quando da ragazzi frequentavamo la Scuola di Religione dei padri gesuiti dell'Antoniano. Giorgio era di qualche anno più vecchio di me e io e i miei amici guardavamo con rispettosa distanza, ammirazione e una certa invidia lui e i suoi coetanei che ci precedevano nell'attività formativa e che, rispetto a noi più giovani, erano già entrati nella categoria «dei grandi». Anche durante gli anni di Università la differenza di età e di indirizzo di laurea non ci permise di approfondire quella giovanile frequentazione. Fu negli anni della maturità che potei conoscere meglio e apprezzare la sua figura professionale e umana.

Quando infatti, sotto l'impulso di Giancarlo Ravagnan, venne costituito il Collegio degli Ingegneri, Giorgio Romaro ne condivise appieno l'iniziativa, si iscrisse al Collegio e ne fu anche apprezzato consigliere.

Frequentando i famosi incontri del lunedì, Giorgio portò, con la sua presenza, con i suoi interventi, con la sua disponibilità nei confronti dei colleghi, un grande contributo alla crescita dell'Associazione. Si faceva apprezzare per i suoi vasti interessi culturali, che andavano oltre le sue grandi doti di professionista e le inquadravano in quell'*humanitas* non facile da trovarsi nei tecnici.

Pur fermo nelle sue convinzioni, era capace di quella mediazione che gli derivava dalle sue grandi capacità di analisi dei problemi, e dalla comprensione attenta e partecipe dei punti di vista diversi dal suo.

Negli ultimi anni non frequentava più molto il Collegio, ma continuava ad essere iscritto, e nonostante gli impegni e i problemi non aveva dimenticato l'Associazione cui aveva tanto contribuito: qualche mese fa lo incontrai in Prato della Valle, ci fermammo a chiacchierare e mi chiese subito del Collegio, di Galileo, dei problemi connessi alla situazione presente e dei programmi per il futuro. Capii così che, anche se non fisicamente, era sempre presente al Collegio.

Gian Luigi Burlini



Santiago Calatrava, Enzo Síviero e Giorgio Romaro all'inaugurazione della mostra dedicata all'architetto spagnolo al Palazzo della Ragione di Padova nel 1996

Non è facile per me tratteggiare in poche righe la figura di mio padre in ambito professionale, non solo per le mie personali difficoltà in gran parte implicite al momento, ma soprattutto per la sua statura umana e professionale.

Ed è per questo che vorrei soffermarmi su un unico aspetto, ovvero sulla mia esperienza di lavoro insieme a lui nello studio tecnico.

Dal punto di vista lavorativo ho conosciuto il papà solo nel 1989 quando mi ha assunto come disegnatore nel suo studio.

In casa era un padre molto presente che raccontava con passione del proprio lavoro, ma non era certo questo l'unico né il prevalente argomento di conversazione. Solo più tardi, quando ho iniziato anch'io a dividere il mio tempo tra lavoro e famiglia, ho realizzato quanto tempo dedicasse al lavoro. Era un padre capace di tenere separate le preoccupazioni professionali dalla vita familiare tanto che nessuno di noi figli, pur conoscendo le sue opere più importanti e avendo visitato con lui più di un cantiere, aveva chiaro quali fossero le sue reali competenze professionali.

Ma lavorando gomito a gomito con lui, ho capito che al lavoro era esattamente come a casa: una persona integra che sapeva coniugare un'intelligenza brillante ad un'onestà profonda. Ed era certo consapevole di questo suo pregio, sapeva di essere una mosca bianca, come diceva lui, ma questa sua consapevolezza non lo portava ad essere superbo. Tutt'altro, si riteneva semplicemente un uomo fortunato che proveniva da una famiglia dai solidi principi e dunque non avrebbe potuto comportarsi diversamente.

Schietto e coraggioso nel difendere le proprie idee, era anche un ascoltatore attento che non negava mai un aiuto professionale a chi glielo chiedeva.

Nell'organizzazione dello studio tecnico sapeva valorizzare singolarmente i propri dipendenti dando ad ognuno il dovuto riconoscimento, permettendo a ciascuno di specializzarsi e crescere in esperienza così che il lavoro di squadra ne beneficiasse.

Punto di forza dello studio tecnico era la cura del dettaglio intesa come chiave per una corretta traduzione da progetto ad opera realizzata, una cura possibile grazie alle notevoli competenze acquisite dai collaboratori dello studio nel corso degli anni. Sicuramente tale sensibilità derivava dall'esperienza di mio padre come Direttore Tecnico di stabilimento nella ditta di famiglia (la Romaro Costruzioni Metalliche). La cura del dettaglio trovava la propria espressione nella realizzazione di disegni che "dovevano parlare da soli".

Sono grata mio padre per tanti motivi, ma in particolare per non avermi trattata in modo privilegiato all'interno dello studio; così ha insegnato anche a me un mestiere, così ho costruito le basi delle mie competenze per poter affrontare lavoro e colleghi a testa alta. D'altra parte mi è sempre stato chiaro il privilegio che avevo nel poter collaborare a lavori davvero eccezionali.

Ho avuto anche occasione di ascoltare le sue lezioni universitarie e di presentare insieme a lui diverse realizzazioni a molti convegni. Anche in questi casi papà è riuscito a trasmettermi con i suoi insegnamenti chiari e diretti, una preparazione atta a trattare molteplici argomenti.

Sebbene sia superfluo, voglio ricordare che devo molto a mio padre, anzi moltissimo perché mi ha insegnato con passione non solo un mestiere ma soprattutto che è possibile essere corretti, attenti e più di ogni altra cosa, umani nei rapporti di lavoro.

Chiara Romaro

Le strutture in acciaio negli articoli di Giorgio Romaro

Palasport di Milano, progetto strutturale 1971-72: realizzazione, esercizio, collasso, attività tecniche dopo il collasso, *Ingegneri Padova Notizie* 7, luglio 1988

Influenza delle innovazioni tecnologiche sull'evoluzione delle carpenterie di acciaio, *Galileo* 1, maggio 1989
Il nuovo Centro Idrico di Vigna Murata (EUR) a Roma, *Galileo* 2, luglio 1989

1889-1889, il ponte di ferro sull'Adda compie cento anni, *Galileo* 4-5, 10 novembre 1989

Realizzazioni di opere stradali in acciaio: I parte: ponti, II parte: attrezzature per manutenzione di impalcati, *Galileo* 15, settembre 1990

Il problema del controllo della progettazione, *Galileo* 19, marzo 1991

Sull'originale sistema adottato nel 1932 da un ingegnere padovano per l'innalzamento dell'ultimo monolite in Roma, *Galileo* 24, settembre 1991

Connettori a piolo applicati a freddo mediante chiodatrice pneumatica. 1, *Ingegneri Padova Notizie* 40, febbraio 1993

La facciata dell'avancorpo degli Eremitani, un sorriso a più di cento denti, *Galileo* 41, marzo 1993

Connettori a piolo con testa applicata a freddo mediante chiodatrice pneumatica. 2, *Ingegneri Padova Notizie* 42, aprile 1993

Sulla più antica professione del mondo: l'Ingegneria, *Galileo* 47, settembre 1999

Palasport di S. Siro a Milano: il Palazzo *desaparecido*, *Galileo* 51, gennaio 1994

Il viadotto sul fiume Canal Maritime a Le Havre parla italiano, *Galileo* 62, dicembre 1994

Impressioni di uno strutturista nella mostra antologica di Santiago Calatrava, *Galileo* 83, settembre 1996

La passerella pedonale sul Piovego tra via Loredan e via Trieste a Padova, *Galileo* 86 dicembre 1996

Interviste a Giorgio Romaro a cura di S. Casucci e I. Doniselli, *Galileo* 93, settembre 1997

Sul recupero di tre passerelle sospese in Padova, *Galileo* 100, febbraio 1998

Mole Antonelliana. Restauro e riuso per il 2000, *Galileo* 113, marzo 1998

Ponte sospeso sullo Chavanon tra Bordeaux e Clermont-Ferrand: note sul montaggio, *Galileo* 114, aprile 1999

Lettera al Direttore per il premio BIBM 99, *Galileo* 116, giugno 1999

Il millennium Stadium di Cardiff: una nuova maniera di realizzare stadi, *Galileo* 124, febbraio 2000

Dai primi vari degli oleodotti tra gli attracchi terminali a mare e la prossima riva al Blue Stream che attraversa il Mar Nero: trent'anni di sfide sui mari, *Galileo* 128, giugno 2000

Le tecniche costruttive dei ponti in ferro ieri e oggi, *Galileo* 138, marzo 2001

Quattro vari per due ponti di ferro a sud di Bolzano, *Galileo* 145, novembre 2001

Due originali e arditi progetti di montaggio per due grandi coperture, *Galileo* 156, marzo-aprile 2003

Ponte sospeso sullo Chavanon. Premio CECM 2003, *Galileo* 159, settembre-ottobre 2003

Atene 2004. La prima sfida olimpica deve vincerla una formazione italiana, *Galileo* 162, marzo-aprile 2004

Copertura e facciata sud per lo Stadio Olimpico di Cortina d'Ampezzo, *Galileo* 167, dicembre 2004-gennaio 2005

Restauro e riuso di tre edifici monumentali nel territorio padovano, *Galileo* 148, novembre-dicembre 2005

Ponti ferroviari di piccola luce (20-25 metri) e rapido montaggio e smontaggio (2-3 ore), *Galileo* 175, aprile-maggio 2006

Da Atene a Reggio Emilia con Santiago Calatrava, *Galileo* 177, agosto-settembre 2006

Un ingegnere tra Scilla e Cariddi, *Galileo* 178, ottobre-dicembre 2006

Completamento e montaggio del 4° ponte sul Canal Grande, *Galileo* 193, settembre 2009

Il mio IV ponte sulle acque dell'Adda, *Galileo* 195, gennaio 2010



organized by

VERONAFIERE

SaMoTer

8 - 11 MAGGIO 2014 - VERONA, Italy

co-located with
asphaltica

1964-2014
SAMOTER'S
50TH
ANNIVERSARY



the power of
sustain.ability

									
MOVIMENTO TERRA	SOLLEVAMENTO	FRANTUMAZIONE	PERFORAZIONE	VEICOLI	CALCESTRUZZO	COMPONENTI	BY ASPHALTICA STRADALE	REN TAL AREA	DE MO AREA

29th Salone Internazionale Triennale Macchine Movimento Terra, da Cantiere e per l'Edilizia

sponsored by



www.samoter.com

www.asphaltica.it





La clinica pediatrica di Padova

Questo contributo rappresenta la sintesi di un lavoro di ricerca sviluppato nell'ambito dell'attività di laboratorio condotta congiuntamente per i due corsi di Storia dell'Architettura Contemporanea (docente Gianmario Guidarelli, titolare del laboratorio Elena Svalduz, collaboratori Giuliana Mazzi e Stefano Zaggia) e di Disegno Edile (docente Andrea Giordano, collaboratori Cosimo Monteleone, Isabella Friso e Marco Pedron). L'attività di laboratorio si è tenuta durante l'a.a 2012-13 all'interno del Corso di Laurea in Ingegneria Edile-Architettura, presso il Dipartimento ICEA dell'Università degli Studi di Padova

Daniele Calabi



La clinica pediatrica di Padova è un'opera di edilizia ospedaliera risalente alla prima metà degli anni Cinquanta del ventesimo secolo, la cui realizzazione suscitò all'epoca interesse a livello nazionale e non solo. Ubicata in prossimità dell'ospedale settecentesco di Domenico Cerato, lungo l'attuale via Giustiniani, venne progettata nell'ambito dell'intervento per il nuovo complesso clinico universitario padovano dall'ingegnere e architetto Daniele Calabi (Verona 1906-Venezia 1964).

A un primo piano elaborato nel 1952¹ in collaborazione con Giulio Brunetta², nel 1953 fece seguito un disegno di variante che rappresentò la soluzione definitiva. Tale progetto riprendeva per molti aspetti il precedente, già caratterizzato da un'impostazione coerente, chiara e rigorosa. La modifica principale apportata riguardava l'inserimento al piano terreno di un'aula per studenti universitari, inizialmente prevista all'esterno dell'edificio e in condivisione con la clinica ostetrica. Le fasi di cantiere furono dirette da Calabi stesso e si svolsero tra il 1954 e il 1956, anno dell'inaugurazione della clinica³. Oggi l'assetto complessivo dell'opera risulta in parte cambiato rispetto a quello degli anni Cinquanta a causa dell'annessione di nuovi corpi di fabbrica nel corso degli ultimi decenni. Due interventi messi a punto negli anni Novanta e Duemila, infatti, hanno portato a un'espansione dell'edificio originario verso sud-est, con la costruzione della nuova clinica onco-ematologica e del pronto soccorso pediatrico. L'impegno della clinica pediatrica, che rappresenta soltanto una delle numerose strutture ospedaliere realizzate da Calabi durante la sua carriera, ha segnato una tappa fondamentale nella vita del progettista: il suo ritorno dopo tanti anni a Padova, città in cui si era laureato alla Facoltà di Ingegneria nel 1929 e in cui aveva lavorato negli anni Trenta in collaborazione con l'Università e che aveva dovuto abbandonare per sfuggire alle persecuzioni razziali nel 1939 per trasferirsi in Brasile, dove rimase fino al 1949⁴. L'esperienza architettonica della clinica pediatrica assume quindi un intenso significato per Daniele Calabi. Non si tratta soltanto di un edificio di elevata qualità, che ha riscosso numerosi apprezzamenti e per il quale gli è stato assegnato il premio regionale Ingegnere-Architetto per il Veneto-Friuli nel 1961⁵, è anche un'opera che ha il sapore di un nuovo importante inizio dopo la lunga permanenza in Sud America.

1. Archivio Università di Padova, Fondo dell'Ufficio Tecnico. Nuove cliniche: pediatrica, b.223

2. Giulio Brunetta (1906-1978) si laurea a Padova nel 1929 in Ingegneria Civile Edile. Dal 1945 al 1977 è direttore dell'Ufficio Tecnico Universitario. In diverse occasioni collabora con Daniele Calabi nell'ambito di progetti per l'ateneo patavino; *Giulio Brunetta. Architetture 1935-1978*, catalogo della mostra Villa Pisani - Stra 2000, Editrice Compositori, Bologna 2000.

3. E. Pietrogrande, «Il complesso clinico ospedaliero di Padova (1951-1957)», in *Daniele Calabi. Architetture e progetti 1932-1964*, catalogo della mostra, G. Zucconi (a cura di), Marsilio, Venezia 1992, p. 87.

4. C. Bianchi, V. Dal Piaz, E. Pietrogrande, Daniele Calabi. Progetti per Padova 1951-1959, a cura di E. Pietrogrande, Editoriale Programma, Padova 1988, pp. 8-9.

5. «Clinica Pediatrica dell'Università di Padova», in *L'architettura. Cronaca e storia*, VII (1962), n.85, p. 494.

Il progetto

Nel progetto per la clinica pediatrica di Padova Calabi elabora una soluzione distributiva e planimetrica semplice, realizzata con notevole equilibrio e precisione, funzionalmente ineccepibile ed esemplare per quanto riguarda la soluzione di alcuni problemi distributivi chiave dell'edilizia ospedaliera. L'edificio è costituito da due blocchi costruttivi tra loro ortogonali, disposti a formare una T. Il primo è il corpo allungato in direzione est-ovest di cinque piani destinato alle sezioni di degenza, sovrapposte e rivolte a meridione. Il secondo è il blocco dei servizi generali e delle sezioni scientifiche, che si estende dalla parte settentrionale, ha lunghezza minore e si sviluppa su quattro livelli.

I due corpi di fabbrica sono incernierati nel nodo centrale di smistamento del traffico, in cui sono collocati i collegamenti verticali. L'organizzazione adottata per la clinica, che presenta una capienza totale di 140 posti letto, permette una completa separazione delle funzioni al suo interno: gli ambulatori, le sezioni diagnostiche e terapeutiche, quelle di degenza, i locali di servizio, i laboratori, le aule per la didattica. Essa assicura inoltre l'indipendenza degli ingressi e la distinzione dei vari percorsi assegnati al traffico riguardante i pazienti ambulatoriali, i degenti, i visitatori, gli studenti, il personale ecc.⁶

I modelli

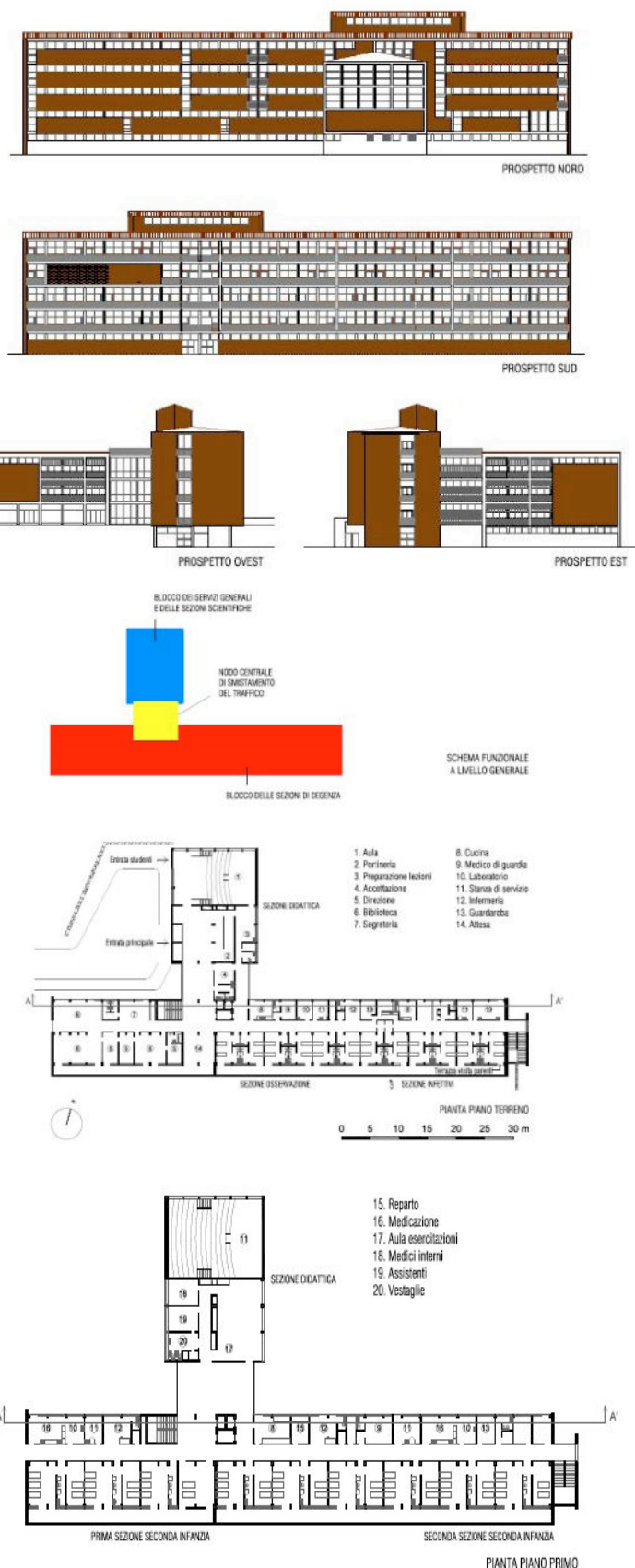
Nella progettazione della clinica Calabi prende a riferimento gli esempi di architettura ospedaliera più avanzati del suo tempo, cioè quelli scandinavi⁷.

Durante un viaggio in Svezia compiuto nei primissimi anni Cinquanta ha la possibilità di conoscere da vicino il rigoroso metodo progettuale seguito nei Paesi del Nord Europa e lo schema adottato per le strutture assistenziali, che poi applicherà nel progetto della clinica pediatrica. L'assetto planimetrico tipico prevede due blocchi distinti, tra loro paralleli oppure ortogonali, di cui quello destinato alle degenze, assai più sviluppato, è rivolto a sud, mentre quello per le sezioni diagnostiche e terapeutiche si trova a nord⁸.

Dagli esempi ospedalieri scandinavi Daniele Calabi assorbe anche l'atteggiamento del progettista, le cui scelte hanno come obiettivo primario il benessere del paziente. A questo proposito, a partire dagli anni Cinquanta, l'architetto veronese si interessa sempre più a discipline quali la pedagogia, la gerontologia, l'igiene e la tecnica ospedaliera⁹.

Grazie a queste conoscenze egli mira a rendere lo spazio che progetta il più possibile adatto a essere vissuto. Per una struttura ospedaliera ciò significa creare un luogo che contribuisca alla serenità e alla guarigione del malato.

Lo studio di ogni minimo particolare viene incluso nella progettazione unitaria e sistematica dell'edificio: dall'uso del colore all'illuminazione naturale e artificiale, dalla ventilazione ai dispositivi per la sicurezza. Il risultato di questo modo di procedere è un complesso ingranaggio nel quale ogni elemento ha la sua ragion d'essere nell'apporto vantaggioso che dà alla vita ospedaliera.



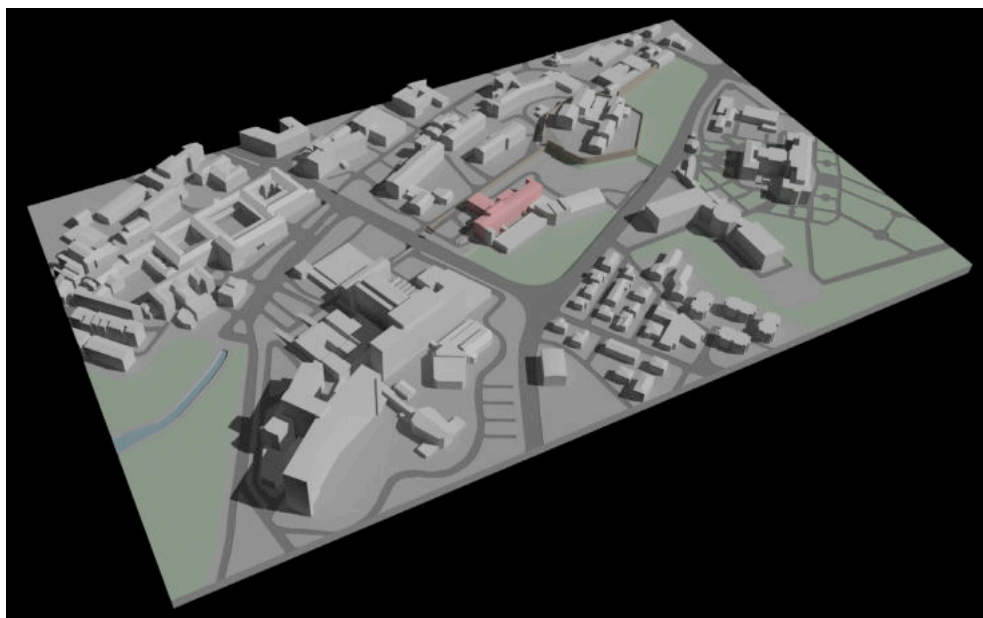
Progetto di Daniele Calabi per la clinica pediatrica di Padova

6. «Le nuove Cliniche Ostetrica e Pediatrica: Università degli Studi di Padova», Consorzio per la sistemazione edilizia, Padova 1956, pp. 25-27.

7. Sullo sviluppo dell'architettura ospedaliera fino al secondo dopoguerra si veda: *Ospedali moderni. Costruzione, attrezzatura, funzionamento*, G. Santangelo, O. Scaglietti (a cura di), Editrice internazionale arti e scienze, Roma 1964 (ed. or. Vogler, G. Hassenpflug, *Handbuch für den neuen Krankenhausbau*, Urban & Schwarzenberg, München 1962).

8. D. Calabi, «I recenti ospedali svedesi», in *Tecnica ospedaliera*, I (1953), n. 4-5, pp. 174-181.

9. G. Zucconi, «Ospedale e anti-ospedale: realizzazioni e progetti tra due modelli contrapposti (1954-1964)», in *Daniele Calabi. Architetture e progetti*, cit., p. 92.



Ubicazione della clinica pediatrica di Daniele Calabi all'interno del complesso ospedaliero universitario di Padova, allo stato attuale. Elaborazione delle autrici



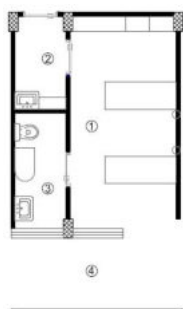
Modello tridimensionale della clinica: vista da sud. El.

Il progettista

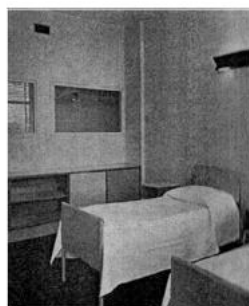
I principi ispiratori

La clinica pediatrica di Padova è stata definita da Guido Zucconi «vero e proprio manifesto di un funzionalismo rigoroso»¹⁰. Nella sua progettazione, infatti, Calabi mette in pratica i principi del razionalismo e manifesta un impegno meticoloso nel cercare la rispondenza puntuale di quello che egli progetta e costruisce nella sua specifica funzione. L'architetto è innanzitutto alla ricerca di un concetto di ordine, che nel caso della clinica pediatrica si rivela nell'ingranaggio compositivo e nelle sue articolazioni funzionali¹¹.

Naturale risultato della sua assidua tensione alla massima chiarezza è la scelta del modello del monoblocco. L'adozione di soluzioni planimetricamente determinate e volumetricamente poco articolate garantisce numerosi vantaggi in termini economici, di efficienza, di ottimizzazione degli spazi, dei percorsi e delle attrezzature. Altro aspetto importante che denota la piena partecipazione di Calabi al movimento del razionalismo è il rispetto della cosiddetta «onestà strutturale»¹². A questo proposito, nella clinica pediatrica egli lascia a vista la struttura in calcestruzzo armato caratterizzata da un modulo di 2,80 m e rifiuta il decorativismo fine a se stesso, preferendo un'architettura sobria e pulita. Grazie a una trattazione differenziata delle superfici delle facciate rende leggibile l'ordine funzionale interno della clinica anche dall'esterno, per perseguire la massima trasparenza dell'impianto. Infine dichiara sempre e nel modo più esplicito la sostanza dei materiali e la giustificazione costruttiva del loro impiego¹³.



SCHEMA TIPO DELLA STANZA DI DEGENZA:
1. Camera
2. Anticamera
3. Bagno
4. Terrazza



Pianta tipo di una stanza di degenza e veduta dell'interno



La facciata a sud del blocco delle degenze in una foto degli anni '50. Il fronte è caratterizzato da una sequenza di ampie superfici vetrate e terrazze rivolte verso il giardino



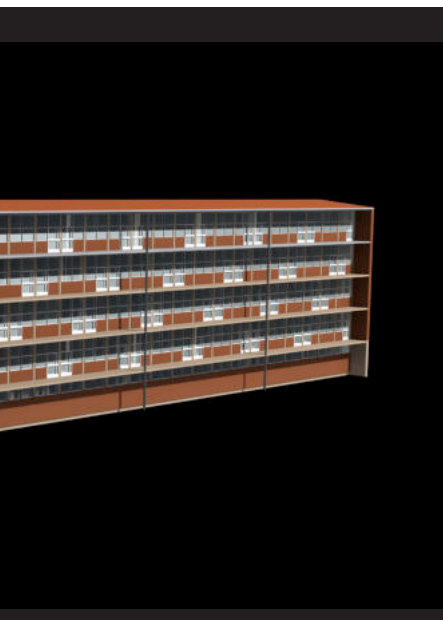
Il corpo di fabbrica delle degenze sulla sinistra e quello riservato alle sezioni scientifiche e alla didattica sulla destra. Il tratto con la parete continua in mattoni corrisponde all'aula di lezione

10. *Ibid.*

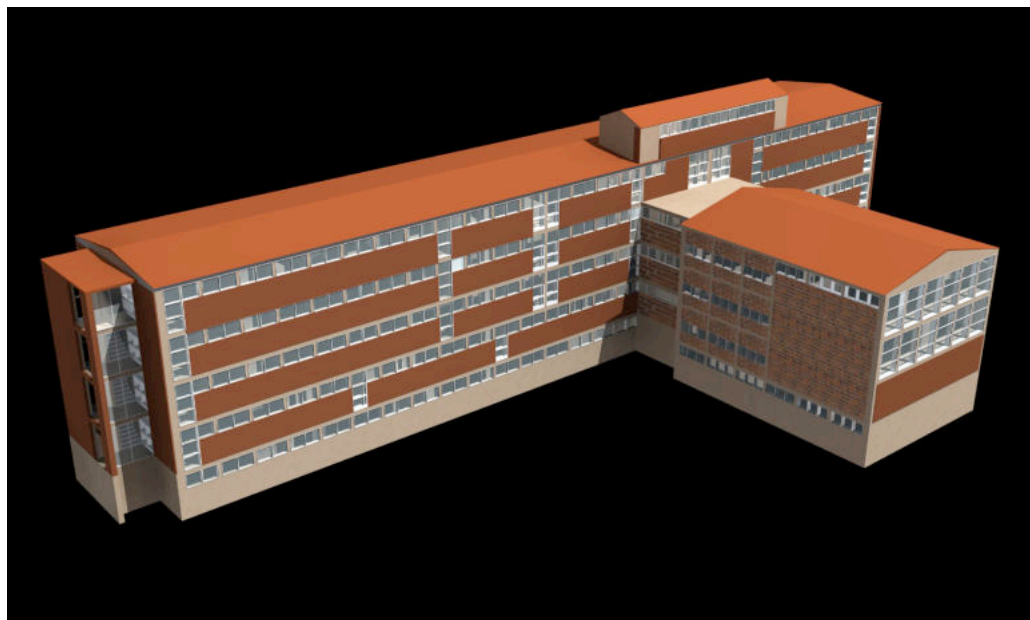
11. *Ibid.*

12. S. Bettini, «Razionalismo e arte in Daniele Calabi», in *L'architettura. Cronache e storia*, III (1957), n. 19, p. 19.

13. *Ivi*, p.13.



Elaborazione delle autrici



Modello tridimensionale della clinica: vista da nord-est. Elaborazione delle autrici



L'incastro tra i due volumi perpendicolari della clinica, visto dall'interno, in corrispondenza del quale sono collocati i collegamenti verticali



L'aula a gradoni posta all'estremità del blocco della clinica sviluppata in direzione nord-sud

Il metodo progettuale

Ricorrendo alla metafora di Sergio Bettini, quello di Daniele Calabi si può definire come «un discorso architettonico coerente sul piano razionale, che ha la chiarezza e l'aderenza ai «fatti» di un'eccellente prosa scientifica e la necessità logica di un sillogismo»¹⁴. Questo risultato è il frutto del processo logico del suo fare architettura, che caratterizza tutte le sue opere. La progettazione dell'edificio avviene mediante la sua scomposizione progressiva in parti, scendendo sempre più di scala dal livello generale a quello particolare, giungendo fino alle unità modulari. Tali entità non sono dedotte razionalmente ma risultano motivate da esigenze concrete e pratiche. Ciascuna unità grammaticale è allo stesso tempo unità funzionale e formale. La forma non viene calata a posteriori né imposta a priori a condizionare l'unità stessa: essa è «la proiezione della funzione sul piano del leggibile»¹⁵. Nella clinica pediatrica di Padova Daniele Calabi ricorre a un modulo per le camere di degenza costituito da una stanza da due o quattro posti letto e dotata di servizi igienici a uso esclusivo. Ogni reparto è il risultato della reiterazione in linea di una coppia di questi moduli, l'uno specchiato rispetto all'altro. Per le sezioni scientifiche l'architetto procede allo stesso modo, usando un'unità tipo per i laboratori ripetuta in sequenza¹⁶.

Il linguaggio architettonico

Il linguaggio architettonico di Daniele Calabi è all'insegna della massima sobrietà, pulizia, chiarezza e presenta i tratti caratteristici del razionalismo: uso di geometrie semplici e di linee rette, facciate caratterizzate da fasce continue di finestre, assenza di decorazioni, evidenziazione del significato strutturale degli elementi. Tuttavia l'architetto non rinuncia a interessanti soluzioni formali, che persegue principalmente attraverso un uso attento dei materiali. Nello specifico il suo tratto distintivo è l'impiego del mattone accuratamente lavorato, dal colore ocra-rosato, lasciato a faccia vista. Nella relazione al progetto per la clinica pediatrica di Padova, l'uso del mattone viene così giustificato: «si è ritenuto [...] necessario non abbandonare i materiali e le tecniche tradizionali, ma utilizzarli, secondo l'antica esperienza e con rinnovata sensibilità. E ciò tanto per economia e praticità di costruzione, quanto per aderenza al paesaggio ambiente»¹⁷. La scelta del mattone quindi non è soltanto dettata da ragioni di convenienza, ma risponde alla volontà d'inserire l'opera nel contesto in cui si colloca e di fare un'architettura che resti comunque ancorata alla dimensione umana. Quello di Daniele Calabi, infatti, si mantiene sempre un razionalismo rigoroso ma umanizzato, che rappresenta un'esperienza notevole nello scenario padovano del secondo dopoguerra. I suoi interventi sono sempre di grande spessore dal punto di vista della qualità architettonica, ma allo stesso tempo si inseriscono nel tessuto urbano con discrezione. Ed è proprio questo il maggiore insegnamento della preziosa testimonianza di Daniele Calabi, la cui presenza va scoperta «attraverso i suoi schivi silenzi. Il valore del suo esempio è come una tacita protesta contro gli abusi delle poetiche in architettura»¹⁸. •

14. *Ivi*, p.12.

15. D. Calabi, M. Folini, «Il metodo progettuale di Daniele Calabi», in *L'architettura. Cronache e storia*, XIII (1968), n. 150, p. 785.

16. S. Bettini, *Razionalismo e arte*, cit., pp. 22-23.

17. E. Pietroggiani, *Il complesso clinico ospedaliero di Padova* (1951-1957), cit., p. 87.

18. S. Bettini, «Le ultime opere di Daniele Calabi. Clinica pediatrica dell'Università di Catania», in *L'architettura. Cronache e storia*, XIII (1968), n.150, p. 776.

La tecnologia laser scanner per il rilievo dei ponti

Laura Baratin

Università di Urbino «Carlo Bo»

Negli ultimi decenni le istituzioni pubbliche hanno mostrato un crescente interesse per il controllo delle opere di ingegneria civile ed è aumentata anche l'attenzione nei confronti di queste strutture nell'ambito della conservazione e della protezione del patrimonio. Le opere di ingegneria civile, sempre di più, rientrano tra le opere da salvaguardare e valorizzare, in particolare i ponti in muratura, in ferro, in legno e in calcestruzzo armato, sono tra le strutture che vengono via via catalogate, rilevate e sottoposte a indagini e analisi accurate sul loro stato di conservazione e di degrado non solo materico ma anche strutturale. I ponti, solitamente sono strutture con una geometria complessa che rende i dispositivi di misura tradizionalmente utilizzati non sempre idonei a coglierne le peculiarità, il comportamento strutturale, le caratteristiche materiche ecc., tutti fattori che possono viceversa favorire l'uso di tecniche laser scanner senza contatto diretto, o la loro integrazione alle tecniche più tradizionali, con indubbi vantaggi in termini di acquisizione di dati, economici, logistici e di tempo per lo sviluppo delle operazioni richieste.

La tecnica laser scanner ha visto il suo esordio, ormai da tempo in ambito industriale con risultati interessanti e precisioni apprezzabili. Negli ultimi anni è stata introdotta anche fra le discipline del rilevamento, fornendo buoni risultati dovuti alla completezza delle informazioni prodotte, alla precisione conseguibile e ai livelli di automazione e di produttività che la caratterizzano.

A partire da una sorgente laser, questa tecnica consente di effettuare una scansione finalizzata al rilievo di coordinate tridimensionali di un numero elevatissimo di punti, in modo automatico, con un'elevata risoluzione e precisione, e permette contemporaneamente di ricostruire l'immagine tridimensionale dell'oggetto o della superficie interessata. D'altra parte i temi del consolidamento e del miglioramento del comportamento statico delle strutture, in particolare dei ponti, sono attualmente di grande attualità, soprattutto nel caso di interventi su ponti storici. La conoscenza di queste opere risulta, spesso, inadeguata per la mancanza di documenti e di disegni originali; inoltre la valutazione dello stato di conservazione e del livello di degrado della struttura costituisce una premessa indispensabile per successivi interventi che tengano conto del progetto originale. Nella letteratura si sottolinea che prima di iniziare la fase di progettazione di un qualsiasi intervento è opportuno procedere con un'approfondita fase di indagini, che comprende il rilievo geometrico dell'opera, l'esecuzione di prove di laboratorio sui materiali prelevati *in situ*, nonché l'esecuzione di prove (statiche e/o dinamiche) della struttura in scala reale; per arrivare alla costruzione di un modello a elementi finiti che possa fare da riferimento affidabile nella fase di verifica strutturale e di progetto di un eventuale ripristino. Attraverso alcuni esempi, di notevole interesse, si è cercato di proporre un percorso di lavoro di rilevamento dei ponti con la tecnologia laser scanner che consenta di dare delle risposte adeguate a questa variegata casistica e alle necessità legate all'analisi di queste strutture.

La tecnica laser scanner

La raccolta dei dati

Il laser scanner consiste in uno strumento concettualmente molto semplice: un fascio laser *scansiona* l'oggetto reale riproducendolo in forma numerica come insieme di punti nello spazio tridimensionale, disposti secondo una maglia regolare di passo noto. Tale maglia di punti, detta «nuvola di punti» (*point cloud*), è un insieme di coordinate tridimensionali in un sistema di riferimento correlato con lo strumento. I sistemi di scansione lavorano in modo automatico e sono in grado di acquisire centinaia di punti al secondo e in base al sensore utilizzato è teoricamente possibile realizzare copie «virtuali» di oggetti di qualsiasi dimensione. È chiaro quindi come la velocità di acquisizione e la quantità di dati collezionabili in breve tempo siano due tra gli elementi principali che caratterizzano questa tecnologia e ne esprimono le grandi potenzialità.

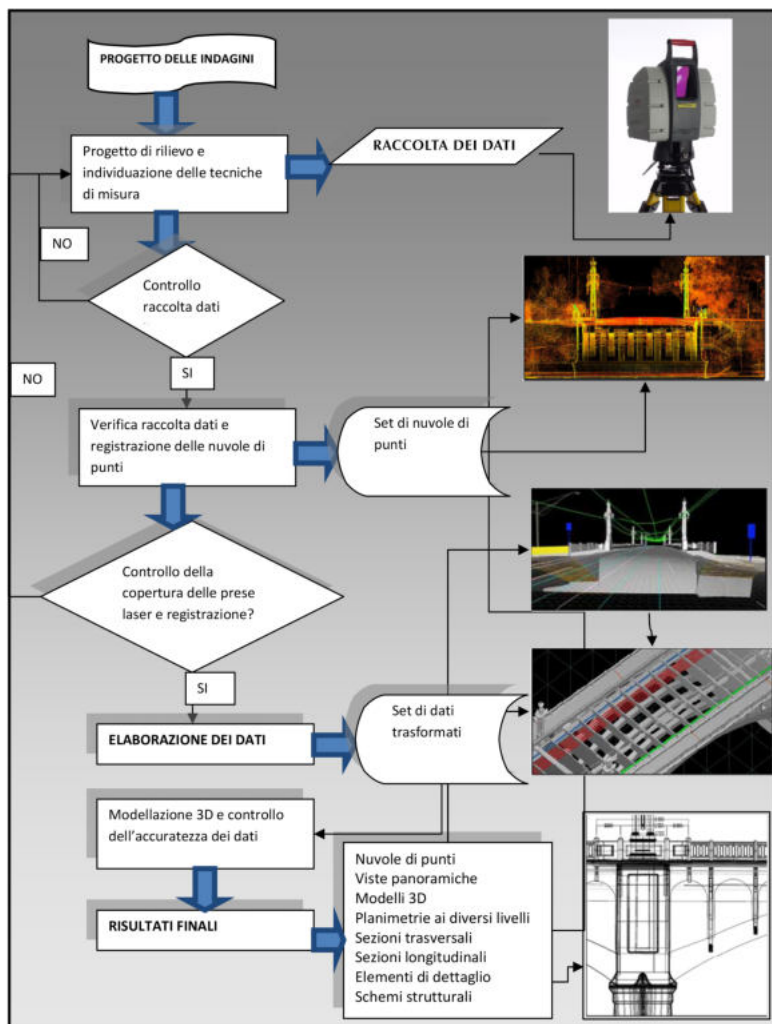
Fisicamente la strumentazione si compone del laser scanner vero e proprio, assimilabile come dimensioni a quelle di una stazione totale ma dal peso solitamente un po' più elevato (tra i 10 e di 18 kg), e dal sistema di alimentazione costituito da batterie portatili, anch'esse generalmente piuttosto voluminose e pesanti, ma in realtà i modelli più recenti sono dotati di alimentatori abbastanza ridotti. Lo strumento viene connesso a un computer portatile che consente di *settare* e controllare le operazioni di scansione.

Questo sistema offre il vantaggio di poter controllare il risultato della scansione in tempo reale. Lo scanner può essere fissato su un treppiede oppure utilizzato anche in appoggio diretto sul terreno o sul pavimento, il sistema di alimentazione ha necessità di essere ricaricato con una certa frequenza, quindi è conveniente disporre di più di un alimentatore per poter impostare una rotazione che consenta di protrarre il rilievo per il tempo desiderato.

Le caratteristiche fondamentali dello strumento, quelle che in qualche modo ne determinano la qualità e l'operatività in condizioni specifiche, sono:

- il campo, ossia il range di distanza dall'oggetto entro il quale lo scanner è in grado di misurare;
- la velocità di scansione, che generalmente viene espressa in punti al secondo;
- il campo visivo, cioè l'angolo in gradi che lo scanner è in grado di coprire con una singola scansione;
- l'accuratezza del singolo punto, cioè la precisione che è in grado di fornire e lo *spot size*, cioè il diametro del raggio laser.

Durante il rilievo occorre fare attenzione nel ridurre il più possibile le cosiddette «zone d'ombra», cioè quelle aree che non possono essere raggiunte dal raggio laser in quanto rimangono coperte da elementi che ne impediscono la misura, a volte anche facenti parte dell'oggetto del rilievo. Queste aree «coperte» devono essere limitate con attenzione: esse infatti rappresentano delle omissioni nel rilievo e nonostante possano essere in qualche modo colmate con alcune tecniche grafiche nelle fasi di *post processing*, rappresentano comunque una lacuna nel dato acquisito. Si può capire quindi l'utilità di predisporre più stazioni di rilevamento, al fine di acquisire la completa geometria dell'oggetto del rilievo.



1. Diagramma del processo di rilievo con tecnologia laser scanner

Come accennato in precedenza il diametro del raggio laser o spot size è una caratteristica tecnica di ogni laser scanner e riveste un ruolo piuttosto importante. Lo *spot size* tende ad ampliarsi col crescere della distanza da cui viene emesso il laser; certamente uno strumento con uno spot molto piccolo è sempre da preferirsi perché garantisce un maggiore dettaglio e una maggiore capacità di penetrazione soprattutto nelle strutture complesse. È necessario precisare che la maglia di punti, essendo generata da un polo, tende a diradarsi con l'aumentare della distanza, quindi allontanandosi dall'oggetto, a parità di passo fissato, si ottiene una nuvola di punti che lo rappresenta con una minore definizione, poiché l'oggetto è colpito da una rete di punti più rada. Si potrebbe pensare che questa minor definizione rappresenti un errore di misura dell'oggetto, in realtà l'errore rimane sempre legato allo *spot size* e alla sua variazione dimensionale, mentre il concetto di definizione è legato alla volontà di avere un oggetto descritto da un numero più o meno elevato di punti.

A parità di passo, allontanandosi dall'oggetto si ottiene una rete di punti più rada. Rilevando l'oggetto da più posizioni però, non solo si ha l'opportunità di ridurre le zone d'ombra, ma si può infittire la maglia del rilievo, nel caso in cui lo si reputi necessario in relazione alla quantità di dati da acquisire. In pratica la scelta delle dimensioni della maglia di punti è una delle operazioni fondamentali da compiere nella preparazione del rilievo: la maggior parte dei software di acquisizione dati consente di scegliere il passo della maglia a una determinata distanza. Questa scelta condiziona in modo importante la quantità dei dati acquisita e i tempi di scansione, da valutare anche in relazione al sistema di alimentazione di cui si dispone. In generale i laser scanner sono dotati di una macchina fotografica digitale interna che consente all'operatore di vedere in anteprima l'area di oggetto che sta per scansionare. Quando la scansione viene avviata lo scanner acquisisce anche l'immagine che in seguito è resa disponibile nelle fasi di elaborazione. I laser scanner sono dotati di una macchina digitale capace di acquisire immagini utilizzabili per attribuire ad ogni punto rilevato il proprio valore RGB. Questa opportunità consente di visualizzare la nuvola di punti con un aspetto particolarmente realistico, riproducendo in questo modo anche l'idea del materiale che compone l'oggetto.

L'elaborazione dei dati

L'acquisizione del dato costituisce soltanto una prima fase del rilievo eseguito con il laser scanner; vi è una seconda parte del lavoro, piuttosto complessa, nella quale si concentrano la maggior parte delle incertezze e complessità legate a questa tecnica di rilievo, la cosiddetta fase di elaborazione, o *post processing*.

In questa operazione possiamo riconoscere tutti quei processi informatici, automatici e manuali, che consentono di passare dalla nuvola di punti «grezza», che costituisce l'output dello strumento, al prodotto grafico finale che si vuole ottenere. Si è detto come in fase di rilievo sul campo occorra compiere alcune scelte che influenzano le fasi di *post processing*: in particolare si fa riferimento alla quantità di dati acquisiti dallo scanner. Lo strumento è in grado di memorizzare una mole di dati enorme, anche nell'ordine dei milioni di punti per scansione, e di renderli disponibili posizionandoli nello spazio, caratterizzandoli cioè con le proprie coordinate tridimensionali.

A questo punto si presenta un possibile primo problema da risolvere: i file di output provenienti dallo scanner sono molto grandi, soprattutto nel caso di scansioni fitte e vaste, e anche macchine abbastanza «performanti» hanno difficoltà nel gestire tali file, nel visualizzare la nuvola e in particolare nello svolgere le operazioni necessarie per trattarla.

Quasi tutti i software mettono a disposizione un ambiente in cui è possibile importare la nuvola di punti ed elaborarla, ma spesso offrono delle funzioni non del tutto complete o che comunque non incontrano completamente il favore degli utenti. In molte occasioni i CAD per la grafica (AutoCAD, Microstation...) non riescono a gestire una mole di dati così grande come quella che costituisce una nuvola di punti, che spesso deve essere unita con altre, amplificando di conseguenza il problema, e questo accade con maggiore frequenza quando per l'importazione dei modelli triangolati si utilizza il file di interscambio con estensione .dxf, che a volte raggiunge notevoli dimensioni. È bene osservare che una piena soluzione del problema della gestione di grandi quantità di dati non è ancora stata messa a punto e che quindi alcune delle sorti legate alla diffusione della tecnica di rilievo laser scanner sono legate alla messa a punto e al progressivo perfezionamento dei cosiddetti algoritmi di discretizzazione della nuvola di punti. Con discretizzazione s'intende la capacità di operare un ridimensionamento della nuvola di punti per ciò che riguarda la densità, in poche parole uno sfoltimento dei punti in fase di *post processing*, in relazione alle necessità specifiche. All'interno di alcuni software esistono, e danno buoni risultati, delle applicazioni che caricano nell'ambiente di lavoro soltanto una percentuale prescelta dei punti rilevati; operano in pratica una discretizzazione uniforme della nuvola. A questo riguardo bisogna considerare che decimando la nuvola, anche in maniera non sensibile, si va incontro a una perdita di dettaglio, sebbene in alcune occasioni sia possibile trovare un compromesso pienamente accettabile tra decimazione e definizione.

Per capire meglio si pensi a un oggetto che presenta alcune aree perfettamente piane e levigate, prive di asperità, e altre parti invece estremamente complesse. Operando una discretizzazione uniforme della nuvola che descrive questo oggetto si avrebbe un buon risultato nelle parti piane mentre probabilmente verrebbero perse importanti informazioni, e quindi dettaglio, nelle parti complesse.

Attualmente la difficoltà viene aggirata eseguendo varie scansioni, utilizzando una maglia più serrata do-

ve si reputa di dover acquisire un dato più definito. Il processo di discretizzazione, uniforme o intelligente, è soltanto una delle operazioni che è necessario svolgere in fase di *post processing*. La nuvola grezza, così come la si riceve dallo scanner nell'ambiente di trattamento, necessita nella quasi totalità dei casi, di un'operazione di pulizia. Le scansioni laser contengono molto spesso il rilievo di elementi indesiderati genericamente definiti come «rumore», come alberi, automobili, sagome di passanti che si interpongono tra il sensore e l'oggetto di rilievo, elementi che si trovano sullo sfondo; è necessario quindi circoscrivere la nuvola al solo oggetto d'interesse, sia per una maggiore fruibilità visiva, sia per evitare alla macchina di elaborare punti inutili. Per limitare la presenza del rumore esistono alcune funzioni tipiche dello strumento, da settare durante il rilievo, che semplificano il compito nelle fasi di elaborazione; alcuni scanner offrono la possibilità di acquisire punti soltanto a partire da una determinata distanza e consentono anche di settare un limite massimo di distanza, oltre il quale lo strumento non acquisisce misure in quella scansione. Ovviamente questa funzione non agisce in nessun modo sulla riduzione delle ombre: un oggetto che si trovi in posizione indesiderata vi rimane anche se non compare nella nuvola di punti grezza, e quindi crea un'ombra. In precedenza si è accennato alla prassi di effettuare più scansioni per arrivare a una descrizione migliore dell'oggetto: queste scansioni, eventualmente pulite dal rumore, devono essere generalmente unite tra loro per formarne un'unica. Esistono in particolare due metodi per effettuare questa operazione di unione, detta anche *registration*.

Il primo, eseguito manualmente dall'operatore, consente di riconoscere in due scansioni attigue alcuni punti omologhi e d'imporre a tali punti di acquisire le medesime coordinate. Se le scansioni sono state collegate con l'ausilio di un rilievo topografico di appoggio si è in grado di unire e georeferenziare in questo modo l'intero rilievo procedendo per aggiunta di scansioni.

Un secondo metodo richiede il posizionamento sull'oggetto in fase di rilievo di appositi target piani o sferici che vengono riconosciuti e scansionati dallo scanner. Successivamente il software di elaborazione è in grado di calcolare il baricentro di questi target come media pesata della nuvola di punti appartenenti allo stesso insieme, diminuendo al massimo la componente di errore. Si realizza in questo modo l'unione delle scansioni in modo del tutto automatico.

Le fasi di elaborazione descritte finora consentono di disporre di una nuvola di punti ripulita dal rumore e frutto dell'unione di più singole scansioni.

La fase di *post processing* prosegue ora in modo più specifico in relazione al prodotto finale che si vuole ottenere: in generale quasi tutte le applicazioni passano attraverso la creazione di un modello superficiale triangolato, di tipo *mesh*. Con il termine *mesh* si intende la descrizione approssimata di una superficie tridimensionale attraverso un reticolo di triangoli, elementi poligonali per i quali le schede grafiche sono in grado di offrire una visualizzazione di alta qualità. Molti software di elaborazione, consentono di costruire la *mesh* in automatico, ma ancora una volta spetta all'operatore il compito di eseguire passaggi importanti in modo manuale.

Si è più volte accennato in precedenza al problema delle zone d'ombra che vengono a crearsi nelle scansioni laser e si è fatto riferimento all'assoluta necessità di limitarle se si vuole ottenere una descrizione il più possibile completa dell'oggetto da rilevare. Per ovviare alla presenza di queste aperture esiste la possibilità di eseguire una procedura di «chiusura dei buchi» (*holes filling*). Una

mesh è costituita di triangoli disposti nello spazio che hanno come vertici punti rilevati e che quindi condividono tra loro un lato. L'operazione di chiusura va a creare altri triangoli con i vertici nei punti rilevati, che riempiono lo spazio tra i lembi dell'apertura nella *mesh*. I contorni dell'apertura possono essere riconosciuti anche automaticamente, ma spesso è consigliabile operare delle suddivisioni manuali. È necessario ricordare che la chiusura dei buchi nella *mesh*, sebbene porti a un miglioramento della percezione visiva del modello e quindi ne aumenti le possibilità di utilizzo in ambito squisitamente grafico, costituisce di fatto un'operazione arbitraria, che genera una superficie praticamente inventata. L'operazione di *holes filling* si configura quindi come uno strumento particolarmente utile in quei casi in cui la presentazione grafica del modello riveste un ruolo primario nella logica del rilievo.

Altre operazioni di *post processing* che possono essere svolte sono l'operazione di *smoothing* (ammorbidimento) e la mappatura del modello con immagini digitali. Le *mesh* che vengono create dalle scansioni hanno in genere un aspetto piuttosto spigoloso; ogni punto rilevato è un vertice del modello e quindi può accadere che la percezione visiva non sia sempre gradevole. Per rendere più accattivante il modello si può sottoporre la *mesh* a *smoothing*, ottenendo un arrotondamento e ammorbidimento delle forme e quindi una percezione che a volte è più gradevole rispetto a quella offerta dalla *mesh* originale. A questo punto ha inizio la fase di mappatura del modello triangolato, che consente di riconoscere all'interno delle immagini e delle scansioni gli stessi punti, e impone all'immagine di conformarsi al modello superficiale. La figura 1 (vedi pagina precedente) riassume un iter che potrebbe essere proposto per il rilievo delle opere di ingegneria civile come ponti, viadotti ecc. mettendo in evidenza le diverse opportunità fornite nelle diverse fasi di lavoro.

La creazione dei prodotti finali

Naturalmente la maggior parte dei rilievi ha tra le proprie finalità quella di redigere degli elaborati grafici di vario tipo, cartacei o informatici, specifici per ogni settore. Nei rilievi eseguiti mediante l'utilizzo di strumento laser scanner, l'elemento principale prodotto dall'intervento è costituito dal data base tridimensionale ad alta definizione acquisito nel corso della fase di campagna *on site*. Da esso possono essere estratte in ogni momento le informazioni geometriche necessarie. La finalità delle indagini da eseguire determinerà le caratteristiche e la tipologia degli elaborati da produrre (piante, prospetti, sezioni ecc.) ricavabili dal modello numerico rappresentato da superfici *mesh* mappate con le corrispondenti immagini fotografiche. Proiettando ortogonalmente il modello numerico georeferenziato su un opportuno piano di rappresentazione si ottiene un elaborato che, se mappato con le immagini delle superfici, costituisce un'immagine perfettamente misurabile e in scala dell'opera rilevata. L'ortofoto così realizzata non costituisce un elemento finale dell'elaborazione del rilievo, ma la base «oggettiva» per l'interpretazione e discretizzazione delle informazioni necessarie per gli interventi sul sito (livelli di degrado, materiali, quadri fessurativi ecc.). Le tipologie degli elaborati prodotti costituiscono solo una piccola parte delle informazioni presenti nel data base geometrico, ma permettono di evidenziare come, definendo un'area specifica d'intervento, possono essere eseguite indagini qualitative e quantitative molto approfondite sia bidimensionali che tridimensionali.



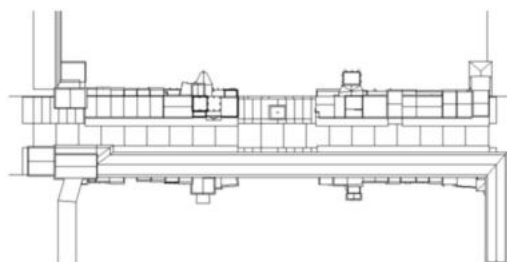
2. a) Particolare del rilievo laser scanner del ponte di Corracedo (Spagna); nuvola di punti con sovrapposte le informazioni rgb delle immagini; b) dettaglio di una scansione con una fessurazione lungo i conci dell'arco del Ponte di Traba (Spagna) (per maggiori approfondimenti si vedano i lavori pubblicati in numerose riviste specializzate e nei convegni di settore da B. Riveiro e P. Arias dell'Università di Vigo, Spagna)

Alcuni esempi di rilievo di ponti

Una grande varietà di ponti ad arco sono stati documentati e inclusi nel catalogo dei ponti storici della Galizia, Spagna all'interno di una ricerca universitaria. In questo lavoro sono state applicate diverse tecniche di rilevamento dalle più classiche, topografiche e fotogrammetriche, a quelle più moderne laser scanner e georadar, per la conoscenza della struttura interna (materiali di riempimento, fondazioni, fenditure, vuoti ecc.), che hanno fornito un primo data base accurato di questo patrimonio. La diversa geometria, i danni strutturali, la presenza di elementi di degrado, rappresentano la diversa tipologia di informazioni raccolte per una stima delle condizioni preliminari alle successive attività di conservazione e di valorizzazione.

Le scansioni sono state fatte con un laser Riegl, associato a una Nikon D200, con una risoluzione di 10.2 milioni di pixel, per ottenere oltre alle nuvole di punti anche le immagini e le conseguenti informazioni rgb. Uno degli scopi del progetto era di ottenere un'accurata documentazione dei danni per effettuare delle analisi multitemporali dei problemi strutturali, per questo motivo in generale la risoluzione delle scansioni è stata di 3-5 mm optando per una risoluzione fino a 1 mm lì dove fosse necessario un maggiore approfondimento come nel caso della muratura dell'arco del Ponte Traba (figura 2). Nell'ambito della ricerca svolta dall'Università di Firenze e dalla società ABC General Engineering Srl è stato realizzato il primo rilievo con laser scanner del Ponte Vecchio (figura 3) e del Ponte di Santa Trinita (figura 4) a Firenze. Questi dati sono stati utilizzati a integrazione delle informazioni acquisite durante le recenti indagini diagnostiche finalizzate alla valutazione delle patologie di questi particolarissimi manufatti. Per il rilievo è stato utilizzato un laser scanner «a tempo di volo», più appropriato in considerazione della distanza e delle dimensioni del monumento.

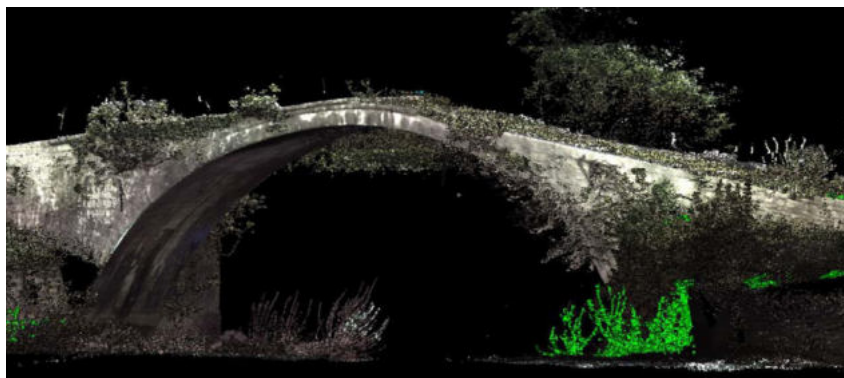
Il Ponte di Klepci si trova nei pressi di un piccolo paese chiamato Capljina nel cuore dell'Erzegovina sul fiume Bregava, zona ricca di monumenti e strutture che risalgono al paleolitico e fu costruito nel 1517 – probabilmente sul sito di un vecchio ponte romano – e ristrutturato nel 1668 da Sisma Ibrahim Pasha. Il rilievo del ponte è stato eseguito nell'ambito del Master Internazionale di 1° Livello, Strumenti e metodi per la conservazione e valorizzazione dei beni culturali, dell'Università di Urbino con la collaborazione della Facoltà d'Ingegneria Civile dell'Università di Mostar «Dzemal Bijedic» e della Facoltà di Architettura dell'Università di Sarajevo, per mettere a punto un metodo di documentazione dei ponti che tenesse in considerazione anche gli aspetti tridimensionali. Una caratteristica specifica del ponte è la sua ampia campata (17,52 m) abbastanza singolare per un ponte di questo tipo situato su un fiume di pianura. La costruzione è stata realizzata completamente in pietra con una fine lavorazione che denota una grande esperienza da parte del costruttore. Il ponte di Klepci, come molti altri in Bosnia Erzegovina, è riconosciuto come monumento nazionale ma la documentazione è molto scarsa, le ricerche su queste tipologie di opere sono insufficienti e le sue condizioni sono molto alterate, da qui l'idea di proporre un progetto di catalogazione che veda inserite le nuove tecnologie come strumento di conoscenza e valorizzazione del patrimonio (figura 5).



3. Ponte Vecchio a Firenze. Rilievo laser scanner, planimetria e modello 3D

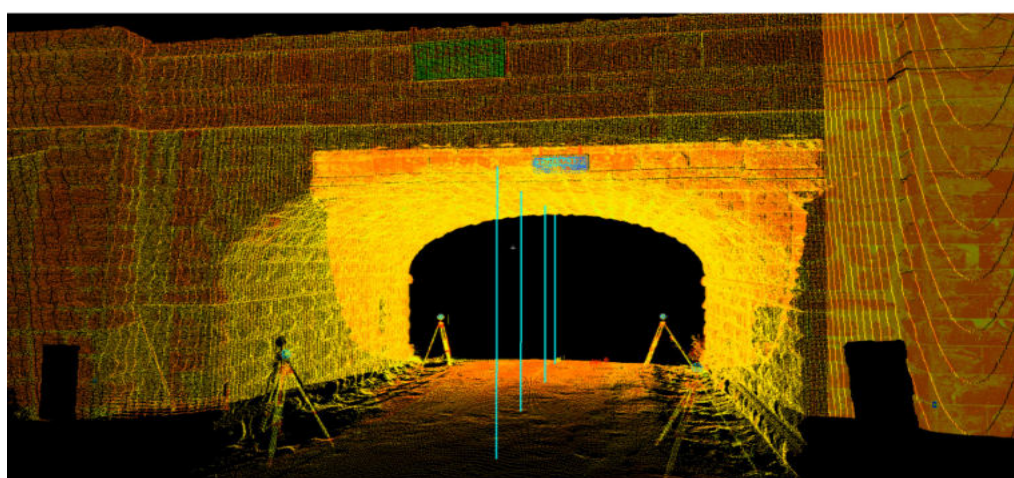


4. Ponte di Santa Trinita, Firenze. Immagine storica e rilievo laser scanner di un pilone

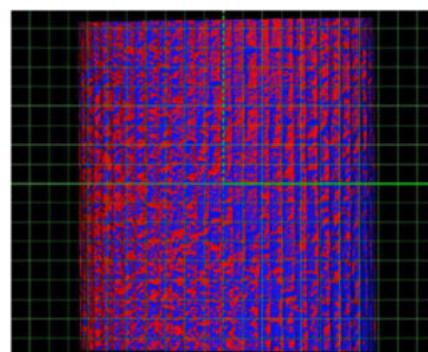
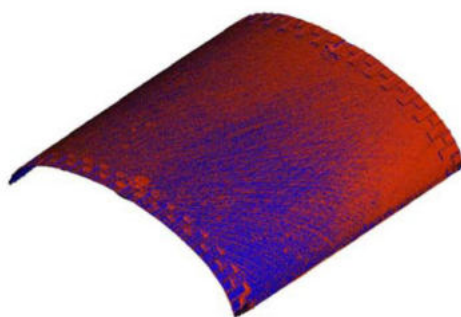


5. Particolari e scansione laser del Ponte di Klepci in Bosnia-Erzegovina

6. Carico di prova su un ponte in pietra e altezze misurate a partire dalla nuvola di punti



7. Sovrapposizione di due superfici di un ponte ad arco misurate in due epoche diverse (2005 e 2009) controllo delle due superfici attraverso una griglia di passo regolare per valutare l'entità degli scostamenti



Un bell'esempio di uso del laser scanner per la verifica dei movimenti di una struttura è dato dal rilievo dei ponti in muratura del XIX secolo sul Melbourne, lungo la linea ferroviaria per Bendigo in America, dove attraverso l'acquisizione delle scansioni si possono verificare alcune sollecitazioni (figura 6) e a partire dalla determinazione delle superfici con colorazioni prestabilite in fasi temporali diverse si possono verificare eventuali scostamenti e la loro entità (figura 7).

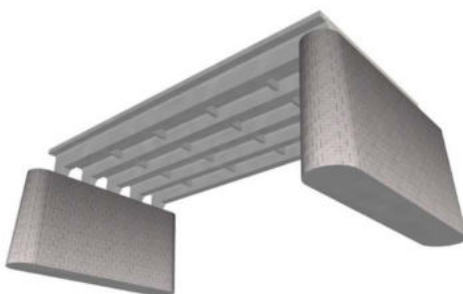
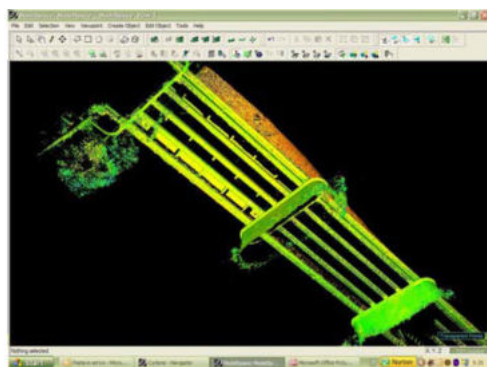
Per le strutture in calcestruzzo armato l'esempio più significativo è quello presentato dall'Università Mediterranea di Reggio Calabria nell'ambito di una ricerca per la determinazione della morfologia esterna, dei difetti di omogeneità e per la posizione delle armature metalliche di un ponte realizzato a Reggio Calabria intorno agli

anni '30. I dati acquisiti dalla scansione laser, sono stati importati in un programma CAD per determinarne le caratteristiche geometriche e il modello 3D da implementare con un programma apposito per ottenere l'esatto modello del ponte da sottoporre all'analisi strutturale (figura 8).

L'ultima soluzione per il rilievo di grandi superfici di questi ultimi due anni è il LYNX Mobile Mapper (figura 9). Il sistema permette la scansione a una velocità fino a 100 km/h, ottenendo una migliore precisione di 5 cm con fino a 7 mm risoluzione. Questa soluzione si rivela pertanto un ottimo strumento per il rilievo di centri città, autostrade, ferrovie grazie anche a una modalità molto veloce, sicura e precisa di raccolta dati.

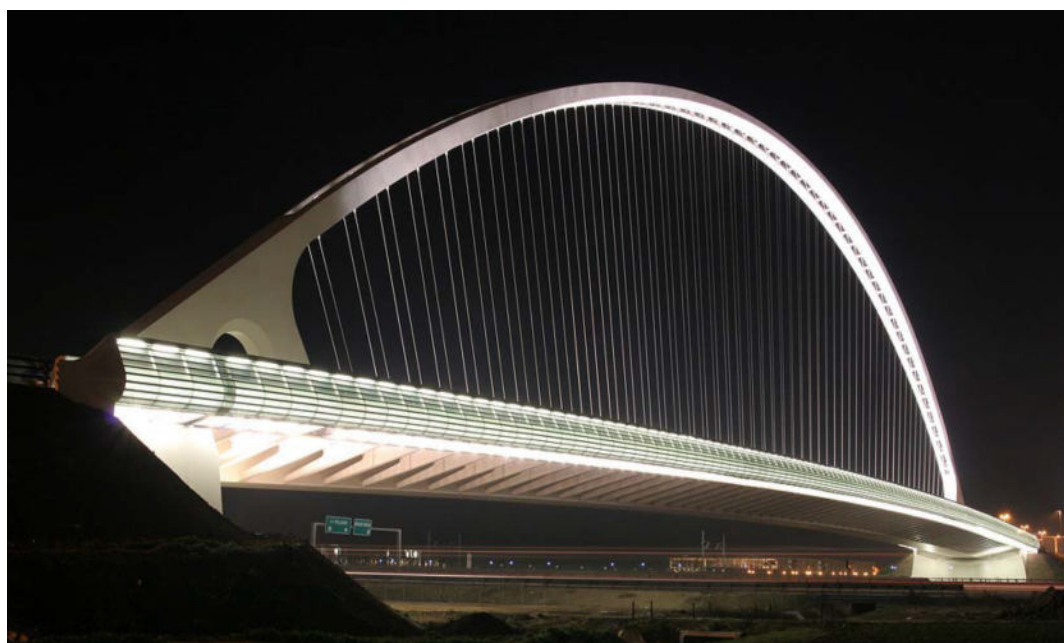
L'indagine di un ponte di Calatrava ha sfruttato questo nuovo si-

8. Particolare del ponte in calcestruzzo armato a Reggio Calabria con la nuvola di punti e l'elaborazione del modello 3D di una campata. Per ulteriori approfondimenti si vedano gli articoli di V. Barrile e G.M. Meduri, Atti Conferenza Nazionale ASITA del 2006 e 2007



9. Immagine del sistema LYNX Mobile Mapper con tutte le sue componenti

10. Ponte a Reggio Emilia



stema per un totale di 80 km vicino all'autostrada A1 verso l'uscita di Reggio Emilia. Il ponte centrale, che attraversa l'alta velocità ferroviaria e l'autostrada A1 è composto da un unico arco simmetrico, posto longitudinalmente, che si erge a una altezza di 46 metri. Lo scopo del progetto è stata la scansione del nuovo ponte (figura 10) per ottenere la ricostruzione CAD delle caratteristiche principali esistenti (pavimentazione, strutture, piste, cartelli stradali, pali ecc.). La nuvola di punti risultante è un efficace archiviazione dei dati sulla situazione della costruzione anche in rapporto alle necessità future.

Bibliografia

P. Arias, J. Herraes, H. Lorenzo, C. Ordoñez, «Control of Structural Problems in Cultural Heritage Monuments using Close Range Photogrammetry and Computer Methods», *Computers & Structures*, 83 (2005), pp. 1754-1766.

P. Arias, J. Armesto, D. Di Capua, R. González Drigo, H. Lorenzo, V. Pérez Gracia, «Digital photogrammetry, GPR and computational analysis of structural damages in a mediaeval bridge», *Engineering Failure Analysis*, 14 (2007), pp. 1444-1457.

CIRIA Guide C656, *Masonry arch bridges: condition appraisal and remedial treatment* (2006).

V. Barrile, G.M. Meduri, «Esperienze laser scanner terrestre finalizzate ad applicazioni in ambito strutturale», 10^a Conferenza Nazionale ASITA.

D. Conforti, F. Zampa, *Lynx Mobile Mapper for surveying City centers and Highways*, Atti della Commission V, WG 4 ISPRS 2010.

Le ragioni di un rinnovamento culturale della disciplina rivolta alla progettazione delle infrastrutture di trasporto

Francesco Annunziata
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale
e Architettura
Università di Cagliari

Nell'immediato futuro che ci attende un tema strategico per lo sviluppo socio-economico è l'adeguamento del patrimonio strutturale e infrastrutturale esistenti, nella convinzione che argomento di studio, di ricerca e di progettazione è sempre più il recupero e la riqualificazione dell'esistente. Si pensi ai centri storici delle nostre città, alle periferie prive di identità urbana e quindi da recuperare, alle linee ferroviarie, da riutilizzare, in parte, quali metropolitane di differente livello territoriale, e alle stesse strade. In quest'ottica, il tema della progettazione/adeguamento di un'infrastruttura viaria deve essere ricondotto nell'ambito più complessivo della gestione del patrimonio infrastrutturale, comprensiva delle attività di pianificazione, progettazione, manutenzione e adeguamento, finalizzate al mantenimento/miglioramento del servizio reso dalla rete nel suo insieme.

In una corretta prospettiva di valorizzazione della globalità delle risorse (ambientali, economiche ecc.) non si può prescindere dalla valutazione del ruolo che un singolo itinerario o una singola strada assolve all'interno della rete complessiva (nazionale, regionale, locale). La gestione di un itinerario fondamentale (rete primaria) o di interesse regionale di primo livello (rete principale) deve fondarsi sullo studio di tutte le componenti la rete che concorrono a sostenere la funzionalità dell'itinerario stesso: devono essere individuate le caratteristiche geometriche e di progetto dell'itinerario principale e di quelli complementari, la localizzazione e la scelta del tipo delle intersezioni, e devono essere attribuite funzioni specifiche ai singoli elementi viari, e di conseguenza caratteristiche geometriche e di progetto adeguate. Si rende necessaria quindi la definizione di una metodologia di classificazione delle strade esistenti, che presupponga una pianificazione generale e di settore dalla quale far derivare progetti di riqualificazione.

Le reti esistenti possono essere implementate con la costruzione di nuovi segmenti infrastrutturali, soprattutto nel caso in cui il patrimonio non abbia decisivi margini di miglioramento o quando la sua funzionalità complessiva richieda nuovi archi ovvero quando l'adeguamento di quelli esistenti richieda un costo ambientale eccessivo ed economicamente non più conveniente. L'adeguamento deve essere inteso a dare un supporto alla rete autostradale e a quella fondamentale, a livello nazionale, interregionale e regionale, a migliorare le condizioni di sicurezza, particolarmente precarie nella viabilità ordinaria extraurbana, e ad assicurare migliori condizioni di accessibilità a quella gran parte delle aree regionali, confinate in condizioni di marginalità, e dalle quali si continua ad assistere a esodi delle popolazioni verso aree meglio attrezzate di servizi e meglio servite dalle reti infrastrutturali.

L'attenzione, quando si tratti del riavvio delle costruzioni viarie, non deve essere limitata alla realizzazione di importanti opere innovative da tempo annunciate: deve essere considerata la viabilità nel suo complesso perché diventi quel sistema che oggi non è. Intervenire sul complessivo patrimonio stradale non è solo un'esigenza ed un'emergenza rilevante: è soprattutto una scelta di civiltà

per un Paese. Occorre infatti porre attenzione a che gli esodi delle popolazioni si traducono in perdita di identità delle stesse, sempre legate ai luoghi, e in un progressivo degrado delle culture locali, parte importante della ricchezza di un Paese.

Il quadro normativo in merito all'adeguamento delle strade esistenti persiste in condizioni di grave carenza: la riqualificazione deve infatti essere rivolta a considerare il rapporto tra la strada e le caratteristiche ambientali, geologiche, idrogeologiche e territoriali, il rapporto, in particolare, con gli equilibri preesistenti. Il motivo conduttore di un complessivo progetto di adeguamento deve essere la sostenibilità ambientale e la sicurezza intrinseca della strada, sia che si tratti di nuova costruzione che di riqualifica: la

progettazione di un tracciato nuovo/rinnovato deve produrre una strada facilmente leggibile, che offra di sé un'immagine corretta, che non produca interpretazioni contraddittorie e quindi insicurezza della circolazione. La normativa di progettazione, la stessa impostazione culturale della disciplina connessa alla progettazione delle infrastrutture viarie, appaiono prevalentemente orientate al disegno delle nuove infrastrutture e difficilmente riferibili alla progettazione degli interventi di adeguamento dell'esistente. In proposito si ritiene si debba andare ad una rivisitazione delle norme anche rivolta a proporre indicazioni interpretative tese a concepire l'infrastruttura rinnovata come elemento inserito in un contesto vincolante e al quale si deve adattare.

Ancora, la definizione di patrimonio stradale, dato dal sistema costituito dalle strade, cioè dalle infrastrutture direttamente necessarie a consentire la percorrenza da parte degli autoveicoli, ivi comprese le pertinenze funzionali alle stesse infrastrutture che ricadono nelle competenze dell'Ente proprietario, appare limitare la valutazione della rete viaria globale. Quest'ultima è quasi sempre costituita da

più strade, gestite da Enti diversi, che si interconnettono tra loro, e con reti di natura diversa, e che richiedono pertanto una gestione di ambito territoriale, ad un livello superiore rispetto alle prerogative dell'Ente proprietario. Pertanto, si ritiene che questo concetto, e la conseguente impostazione di lavoro, debbano essere ripensati nel senso che i differenti Enti gestori, reciprocamente, inquadrino le necessità di interventi sul patrimonio di loro competenza, intendendo questo come parte di un sistema infrastrutturale più complesso. Dei singoli interventi vanno viste le interconnessioni e le ricadute sugli archi infrastrutturali di altri Enti gestori, nella logica di intendere il sistema al servizio di un dato territorio visto nella sua unitarietà, anche se soggetto alle decisioni di più Enti. La regia di questa gestione coordinata non può che essere di Organi di Governo regionali e sovra-regionali, quando si tratti di infrastrutture interregionali, con il vantaggio che la programmazione degli interventi, e la stessa assegnazione di risorse finanziarie, siano fondate sulla concertata verifica preventiva delle esigenze e quindi sull'individuazione degli interventi necessari. In particolare, la progettazione/adeguamento delle strade urbane deve essere impostata su

The considerations expressed regard the future of the enhancement of existing structures and infrastructures, especially of the transport infrastructures. The future of existing cities, particularly European, is put into the reorganization of existing urban areas, part of a future urban system. Finally, the considerations touch the need of implementing the subjects of the same research related to the road design; it's important to consider the image felt by the user into the context crossed: the road has to give a correct image of itself into the environment interested

una preliminare classificazione funzionale delle stesse nell'ambito del complessivo sistema plurimodale delle infrastrutture dei trasporti. Essa non può che essere riferita all'area urbana vasta – area conurbata o metropolitana, nell'obiettivo prevalente di intendere il sistema infrastrutturale finalizzato alla riorganizzazione del territorio nel conseguimento del riequilibrio del complessivo sistema degli insediamenti e dei servizi. La denominazione fondamentale dei tipi di strada va stabilita prevalentemente con riferimento alla suddetta area urbana, così che la progettazione del sistema dei trasporti deve necessariamente fondarsi sull'assunto che esso non può normalmente essere studiato in ambiti territoriali ristretti: deve corrispondere all'obiettivo di integrare la città con il suo intorno diffusamente abitato. Ciò è vero per gran parte delle città europee, e non solo, di medio-grandi dimensioni che si sono andate trasformando in aree conurbate e/o in aree metropolitane. Il futuro delle città, in particolare della città europea, va individuato in questa impostazione: non megalopoli, ma sistema urbano equilibrato, l'uno in relazione con gli altri.

Questa impostazione riguarda la gestione del patrimonio infrastrutturale esistente anche quando, per esempio, si intenda precisare le funzioni di una rete viaria in presenza di un'importante alternativa rivolta al miglior soddisfacimento della mobilità che percorre strade da tempo inadeguate. È infatti indubbia l'opportunità che si offre perché l'esistente assolv meglio ad alcune funzioni già presenti e tuttavia compromesse da altri tipi di traffico che da tempo rendono insicura e insoddisfacente la circolazione. Si pensi, ad esempio, alla necessità di salvaguardare i quartieri residenziali, e la stessa qualità della vita, evitando che le relative reti viarie siano percorse da tre tipi di traffico indesiderati e penalizzanti: quello che usa le strade come scorciatoie e come deviazioni da arterie congestionate; quello eccessivamente veloce; quello parassita, con le manovre inerenti la ricerca e l'uscita dai parcheggi e con l'uso degli spazi pedonali per la sosta da parte di veicoli le cui destinazioni sono esterne al quartiere. È altrettanto indubbia l'opportunità perché una strada passi dalla mancanza di una precisa identità al ruolo di strada rivolta al soddisfacimento delle esigenze degli abitanti di un'area urbana, e financo al ruolo di itinerario turistico-ambientale, quando attraversi contesti di particolare rilevanza ambientale.

In particolare, gli itinerari pedonali vanno riconosciuti nella funzione di assicurare non solo che lo spostamento pedonale sia uno dei modi per spostarsi da una località ad un'altra, bensì di fruire di contesti ambientali piacevoli, confortevoli e sicuri, ove l'uomo possa spostarsi e sostare anche quando non debba necessariamente portarsi da un luogo ad un altro. Le aree urbane possono essere riorganizzate e meglio servite nel riconoscimento dei quartieri che talvolta possono coincidere con Comuni autonomi, parte indistinta di un'area urbana vasta: le strade esistenti possono essere riqualificate anche nell'obiettivo di costituire una tessitura riconosciuta di un territorio indistinto per il quale progettare una nuova identità unitaria.

La normativa di progettazione delle strade in area urbana va profondamente rinnovata ponendo al centro dell'attenzione tutte le componenti di traffico che vi sono presenti, riconoscendo anche una forte prevalenza delle une rispetto alle altre. Non si deve limitare a considerare il «nuovo»; spesso l'area vasta è costituita da consolidate realtà urbane all'interno delle quali è spesso irrealistico, per mancanza di spazi laterali e quindi di fasce di pertinenza, assegnare alla singola strada una determinata funzione. Occorre invece porsi in una logica progettuale di reti viarie, costituite da strade esistenti che, con le loro stesse dimensioni talvolta inadeguate alle indicazioni di normativa, possono svolgere contestualmente una determinata funzione al servizio di un quartiere e/o di un settore urbano, o della stessa area vasta.

Se la gestione del patrimonio infrastrutturale consiste nell'applicazione di principi economici e di metodi di buona pratica tecnica all'interno di un sistema fortemente strutturato di supporto alle decisioni, finalizzato all'allocazione e all'impiego ottimale delle risorse, va riaffermato che essa deve comprendere la pianificazione, la progettazione, l'esercizio, la manutenzione e l'adeguamento, in quanto fasi successive, finalizzate a garantire la vita utile dell'o-

pera e/o del sistema infrastrutturale, prevista nella fase iniziale di progetto. La prevalente finalità della gestione di un patrimonio infrastrutturale consiste nel mantenerlo adeguato alle funzioni assegnate a ciascuno degli elementi componenti, nell'ambito di una determinata vita utile. Essa deve comprendere le attività finalizzate al mantenimento/miglioramento del servizio reso da una rete infrastrutturale; in quest'ottica la gestione di un itinerario principale deve fondarsi su un progetto preliminare unitario che consideri anche tutte le componenti la rete, fondamentali per garantire la funzionalità dell'itinerario sovraordinato. Accanto a criteri di progettazione tesi a valorizzare la funzionalità di una rete viaria, il progetto preliminare e il progetto definitivo devono curare che i differenti interventi rispettino il contesto attraversato, nei suoi differenti valori, le condizioni di equilibrio preesistenti, evitando che le conseguenze dei suddetti interventi enfatizzino gli effetti di eventi naturali particolarmente critici e aggravino le condizioni di dissesto idrogeologico del territorio attraversato.

Si rappresenta infine la necessità che la revisione, lo stesso superamento, della normativa tecnica di progettazione delle infrastrutture stradali consideri il progetto di una nuova strada come elemento integrante di una rete viaria a servizio del territorio. Vi dovranno essere precisate le funzioni assegnate alle strade esistenti in relazione alle loro caratteristiche geometriche, che conseguentemente dovranno essere adeguate anche in termini di destinazioni d'uso delle necessarie pertinenze stradali. Alla base della revisione della normativa tecnica deve essere finalmente posto il rapporto tra l'uomo e l'ambiente, il sistema binario uomo-strada, qualora l'obiettivo sia la realizzazione di una strada sicura, elemento di sicurezza attiva.

Le considerazioni espresse toccano temi disciplinari spesso trascurati: la strada urbana è uno di questi! Questa carenza è anche presente nei testi disciplinari: occorre una riflessione rivolta a considerare gli aspetti prevalenti sui quali si appuntano gli utenti: l'immagine di una strada è data dal suo andamento nel contesto e dalle immagini che da di sé e dell'ambiente attraversato.

Riferimenti bibliografici

1. F. Annunziata, M. Coni, F. Maltinti, F. Pinna, S. Portas, *Progettazione stradale integrata*, prima ed., Zanichelli, Bologna 2004. ISBN 88-08-07469.
2. R. Porru, D. Melis, F. Maltinti, E. Cecere, F. Annunziata, *La normativa della progettazione stradale*, Strumenti didattici n. 15, I ed., CUEC, Cagliari 2006. ISBN 88-8467-325-9.
3. F. Annunziata, E. Cecere, M. Coni, F. Maltinti, F. Pinna, S. Portas, *Progettazione stradale. Dalla ricerca al disegno delle strade*, I ed., Dario Flaccovio, Palermo 2007. ISBN 10:88-7758-726-1, ISBN 13:978-88-7758-726-8.
4. F. Annunziata, B. Bianchini, T. Caraffa, F. Maltinti, G. Montanino, V. Trevisone, P. Zoppoli, *Sistemi di gestione del patrimonio stradale*, Parte 1 del Quaderno CT D.1 «Metodologie e Criteri per la gestione del patrimonio stradale», Tema Strategico TC D «Qualità delle Infrastrutture stradali», Comitato Tecnico D.1 «Gestione del patrimonio stradale», Associazione Mondiale della Strade AIPCR, Comitato Nazionale Italiano, XXVI Convegno Nazionale Stradale AIPCR (Roma 27-30 ottobre 2010), pp. 9-33. ISBN 978-88-905397-5-6.
5. F. Annunziata, F. Pilia, «Riqualificazione funzionale delle strade esistenti», *Le Strade*, n. 1-2, gennaio-febbraio 2012, pp. 60-65. ISSN 0373-2916.
6. F. Annunziata, F. Pilia, «I limiti dei diagrammi di velocità», *Le Strade*, n. 8-9, agosto-settembre 2012, pp. 58-63. ISSN 0373-2916.
7. F. Annunziata, F. Maltinti, *The goals of road system management*, Società Italiana Infrastrutture Viarie, Proceedings of the Fifth International Congress «Sustainability of Road Infrastructures», Session Infrastructures & Environment, Roma 29-31 ottobre 2012. ISBN 78-88-902409-0-4.
8. F. Annunziata, «La riqualificazione territoriale e funzionale ed il conseguente adeguamento del sistema infrastrutturale esistente», *Strade&Autostrade*, n.6, novembre/dicembre 2012, pp. 163-165. ISSN 1723-2155.
9. F. Annunziata, F. Pilia, «Progettazione stradale tra limiti e potenzialità», *Le Strade*, n. 1-2, febbraio 2013, pp. 50-55. ISSN 0373-2916.
10. F. Pilia, A. De Lorenzo, F. Annunziata, «L'adeguamento del patrimonio stradale esistente: obiettivi, criteri e tipi di intervento», *Galileo Magazine*, Collegio Ingegneri Provincia di Padova, n. 211, giugno 2013, pp. 12-18. ISSN 0373-2916.



Quando arrivai in Soprintendenza, Villa Pisani, museo storico di straordinario interesse perché testimonia, anche nei suoi arredi, il radicale cambiamento del gusto tra Settecento e Ottocento, era chiamata dal personale «la Cajenna». L'infausto soprannome era dovuto al fatto che vi venivano spediti, oltre ai singolari personaggi che ho già menzionato, i soggetti più scomodi dell'ufficio. Questa nomea non giovava certo al suo prestigio e infatti, a parte l'architetto Rallo, che le dedicava qualche attenzione in nome del suo particolare interesse per i giardini, nessuno ambiva ad occuparsene.

Qualche lavoro urgente era stato avviato dal mio predecessore, ma l'aspetto generale nel complesso, dotato di un parco disegnato con rigore architettonico e popolato da una vegetazione preziosa nonché da numerose costruzioni di gran pregio, era abbastanza deprimente. La prima cosa che mi venne in mente per avviarne la rinascita fu di chiedere al Ministero di potervi far alloggiare provvisoriamente alcuni custodi, arrivati di recente dal Meridione e costretti a vivere in affitto tra molti disagi. Nessuno si degnò mai di rispondermi e quando, più tardi, chiesi notizie di quella che mi era sembrata una proposta ragionevole, seppi che aveva suscitato solo ilarità.

Decisi allora di proporre a ciascuno dei miei valenti architetti un intervento di restauro della villa, in modo da favorirne un più rapido risanamento. Intendevo così agevolare anche una maggiore integrazione tra tecnici portati a isolarsi nella loro autonomia, mettendoli a lavorare fianco a fianco. In molti aderirono e, se non posso dire di aver ottenuto alla fine un gruppo di progettazione omogeneo, almeno li ho costretti a confrontarsi sulla concretezza dei cantieri e a mettere in dubbio per questa via le loro certezze.

Ognuno, senza eccessi di competitività e gelosia, ha tratto dalla vicinanza con gli altri stimoli che lo hanno portato ad affinare le proprie scelte e a dare il meglio di sé.

Ne è derivato un vantaggio per la qualità del complesso che, anno dopo anno, è letteralmente rifiorito, evidenziando nel contempo, all'occhio dell'intenditore, la sensibilità di ogni singolo progettista e fornendo in tal modo una sorta di ritratto di gruppo.

La competenza e la capacità del già citato Giuseppe Rallo ha permesso la rinascita del parco, ritrovato nel suo impianto architettonico storico e offerto al pubblico sfruttando la ricchezza delle sue potenzialità ricreative. Ma l'architetto ha saputo anche ridare lustro alle scuderie, il cui restauro è purtroppo ancora incompiuto, e al museo del piano nobile, dove l'ala napoleonica è tornata a vivere sotto le sue mani e quelle della restauratrice Ileana Della Puppa.

Tre dei tecnici della Soprintendenza sono anche valenti pittori, oltre a esporne le opere in periodiche mostre a cui ho partecipato come artista insieme a tutto l'ufficio, ho pensato di affidare alla loro sensibilità alcuni aspetti particolari della villa. Luigi Cerocchi ha dato prova di un raffinato senso del colore, accordando i toni della facciata dell'edificio principale, e di capacità tecniche e lavorative fuori del comune occupandosi degli aspetti impiantistici e manutentivi del complesso. Ha così profuso, senza risparmiarsi, un impegno continuo nei mille rivoli di una fatica di Sisifo ancora oggi lontana dalla sua conclusione.

Edi Pezzetta, i cui disegni hanno illustrato a lungo la nostra attività, ha dimostrato raffinata eleganza nel ritrovare i colori della decorazione della «ghiacciaia» situata all'interno della collinetta artificiale su cui sorge la coffee-house. L'isolamento del piccolo complesso, circondato dall'acqua, ha richiesto anche una notevole sapienza costruttiva, purtroppo in parte vanificata dalla mancanza di un'adeguata manutenzione. Un'eccezionale prova di sensibilità è quella fornita da Luisa Mialich nel restauro dell'edera e del magazzino del giardiniere, dove è stato anche sistemato un piccolo museo delle ville. Le delicate tonalità cromatiche di quello che è forse il centro della composizione complessiva hanno trovato in lei un'interprete particolarmente attenta ed è un peccato che le difficoltà di accesso e di sorveglianza impediscano una più ampia fruizione di questo gioiello.

Roberto Nardin, tenuto lontano dai grandi cantieri dalla sua natura timida e riservata, ha messo in luce con grazia e amore per l'arte i più preziosi ambienti del pianterreno, un tempo lasciati ai servizi di portineria. Così recuperate, quelle stanze già oggi offrono uno spazio adatto a mostrare aspetti particolari della villa, ma in un futuro che si spera non lontano, potrebbero costituire il preambolo a una migliore sistemazione dell'itinerario di visita.

Il temperamento più adatto alle esigenze della conservazione lo ha manifestato Cleonice Vecchione, impegnandosi nel recupero delle cancellate. L'attenzione alla materia originale l'ha spinta a un trattamento di conversione della ruggine che non sacrificasse la patina del tempo. Per l'integrazione delle parti mancanti è invece ricorsa, dopo lunghi studi sulle forme dell'epoca, all'opera di artigiani tradizionali, ancora operanti con gli antichi strumenti fabbrili. Lo stesso equilibrio tra rispetto delle parti originali e sapienti integrazioni ha presieduto al recupero della grande conserva degli agrumi, dov'è inserito un museo degli attrezzi agricoli purtroppo abbandonato. Incompiuto è rimasto anche il risanamento delle coperture e dei mezzanini da lei responsabilmente avviato.

È grazie al senso pratico e alla pronta intelligenza di Rita Berton che il villino di Ca' Toffetti ha avuto un restauro intelligente e sarebbe pronto a un utilizzo, purtroppo ancora lontano. Senza queste qualità non mi sarebbe stato possibile dotare la villa di un bar ristorante, ottenuto con la ristrutturazione della cosiddetta «casa dell'asina» annessa a Ca' Toffetti. Anche se non pienamente valorizzata, questa struttura è, dopo la sua coraggiosa lotta a difficoltà e inerzie burocratiche, oggi funzionante.

Un apporto entusiasta e qualificato è venuto da Camilla Capitani, per pochi anni nel nostro ufficio, che ha restaurato con passione le statue del coronamento del fabbricato principale. Insieme, dopo un trattamento conservativo studiato per la loro ricollocazione, abbiamo deciso che l'impresa era troppo rischiosa e abbiamo quindi curato la loro sostituzione con copie in vetroresina, lasciando gli originali in un provvisorio cantiere-museo aperto alla visita nei cortili, in attesa di una sistemazione definitiva che deve ancora essere realizzata.

I molti «purtroppo» di cui è costellato questo racconto stanno a testimoniare come la buona volontà, la maestria e la passione, pur necessarie a un corretto restauro, non sono però sufficienti a portare a termine un'opera così ambiziosa, che necessiterebbe di un ben diverso impegno nazionale nel settore della tutela.

La carenza di risorse, l'inadeguatezza dell'apparato amministrativo e la persistenza di una concezione conservativa che scoraggia la manutenzione e la valorizzazione dei monumenti pesano come macigni sull'operatività di chi si dedica a quella che dovrebbe essere considerata la maggior risorsa del nostro Paese. Me ne sono pienamente reso conto occupandomi personalmente del funzionamento museale del complesso.

Una ricognizione fatta insieme all'architetto Berucci dell'Ufficio Centrale del Ministero mi ha permesso di confermare alcune perplessità e di trasformarle in un organico progetto di ristrutturazione. La scoperta dei marmorini originali negli ambienti ristrutturati da Nardin ha suggerito lo spostamento della portineria nell'ex locale delle carrozze, in modo da utilizzare le stanze riaperte al pubblico, unica testimonianza dell'antico splendore del pianterreno, in un primo contatto con i visitatori. Liberato dai tramezzi che ne testimoniavano solo l'incongruo uso come garage e deposito, l'ampio spazio originariamente destinato alle carrozze, suddiviso da due arcate, poteva ospitare biglietteria, guardaroba e bookshop in maniera ottimale. È inoltre accessibile dall'esterno con una rampa e poteva quindi fornire un ingresso ai portatori di handicap, che avrebbero proseguito la visita al piano nobile con un ascensore, da ricavare nei locali dei servizi.

La risistemazione di questi ultimi s'impondeva peraltro per dare dignità architettonica a un disordinato assemblaggio di stanzette ottenute nel tempo per sopperire alla meglio alle esigenze igieniche. La soppressione del garage, dove per anni i custodi avevano collocato le loro autovetture, in barba ai regolamenti antincendio, imponeva la costruzione di un nuovo ricovero in un'area appartata del parco, un tempo destinata a orti ed ora abbandonata, facilmente raggiungibile dal parcheggio per i visitatori.

Era inoltre indispensabile dotare il museo di un servizio di ristorazione estivo, che poteva ottenersi ristrutturando la già menzionata «casa dell'asina», priva di collegamento verticale tra la stalla e il superiore fienile, e di un bar invernale, collocabile accanto al bookshop, nell'appartamento un tempo destinato all'unico custode residente. La seconda esigenza era meno urgente, dato il minor afflusso durante l'inverno, ma ugualmente importante per qualificare una struttura museale in continua espansione.

I bagni per il pubblico sono stati completati cercando una nuova e più ordinata suddivisione, con un ampio ingresso dove si è inserita la base dell'ascensore per i disabili. Si è cercato di curare i dettagli con pareti intonacate a marmorino, pavimenti in battuto alla veneziana, piastrelle in pasta vitrea e grandi lavandini in pietra, per fornire un'immagine della nuova attrezzatura moderna, ma adeguata al contesto monumentale. Lo stesso criterio è stato usato per rinnovare i bagni del personale stabilmente impiegato nella villa.

Per il ricovero delle autovetture si è realizzata una struttura leggera in legno e metallo, accostata all'alto muro che divide i giardini storici dal prato abbandonato, ingombro di arbusti e tronchi abbattuti. Il fronte antistante la conserva degli agrumi è formato da pareti mobili separate dalle colonnine dei discendenti pluviali, mentre, per completare l'ambientamento, l'altezza del manufatto è stata studiata in modo da allinearsi al muro preesistente per chi lo osserva dal viale.

La trasformazione della «casa dell'asina» in piccolo ristorante nel parco ha richiesto una lunga progettazione. La difficoltà di ottenere i permessi comunali per il nuovo esercizio ha infatti sconsigliato, anche per la carenza di fondi, la realizzazione del bar all'interno della villa. Si è così deciso di utilizzare entrambi i piani dell'edificio, trasformando la stalla a pianterreno in bar e il superiore fienile in saletta di ristorazione con cucina.

La mancanza di collegamento tra i due piani, che dovevano invece apparire, con la nuova sistemazione, saldamente legati, ha richiesto l'inserimento di una scala metallica appesa a due telai in ferro, strutturalmente indipendente dalle murature preesistenti. Il necessario taglio del solaio è sottolineato da due aperture verticali nelle facciate, che d'altronde evidenziano la continuità del retrostante muro del parco, a cui l'edificio era in origine addossato. La forte presenza della scala s'integrava con il nuovo bancone metallico del bar, ricavato con tirantature tra i pilastri preesistenti. I servizi sono contenuti in una parete lignea curva, sistemata in modo da non occupare interamente il piccolo portico adiacente. I bagni per il pubblico sono stati invece ricavati ristrutturando un recente annesso, collegato al bar con un percorso che s'innesta su quello principale, studiato in prosecuzione del viale che collega il parco della villa al giardino interno di Ca' Toffetti, dotato di una propria recinzione. Due piccole porte, aperte in quest'ultima parete, dovevano esaltare il legame prospettico del viale col villino preesistente e nel contempo dare risalto all'accesso del bar. Infine sono stati avviati i lavori per la risistemazione dell'ex locale carrozze a biglietteria, bookshop e guardaroba. Questo grande vano a doppia altezza, evidenziato anche sul fronte principale della villa, era ingombro di divisioni murarie che avevano segnato il degrado del suo uso nel tempo e impedivano una corretta lettura delle arcate che ne scandivano lo spazio. La loro stratificazione, accompagnata da alterazioni del solaio ligneo, portava a supporre una funzione statica che poteva venir compromessa dalla loro eliminazione. Col determinante aiuto dell'ing. Paolo Faccio, a cui ero



ricorso anche nella progettazione della scala per la «casa dell'asina», ho studiato una serie di mensole metalliche collegate alle arcate per assicurare la sicurezza strutturale, evidenziando nel contempo il nuovo intervento. Ho quindi proceduto al restauro delle travature e infine, con la completa eliminazione dei muri interni, è emerso un ambiente solenne di grande suggestione, ove doveva collocarsi il nuovo allestimento, progettato insieme all'architetto Zanella.

Oggi, a quasi dieci anni di distanza, il locale è ancora inutilizzato e privo di arredi e finiture, mentre la biglietteria e il bookshop sono sistemati in inadeguati spazi provvisori. Ma non è certo l'unico segnale di nuova disaffezione alla villa: il bancone del bar, giudicato fuori norma, è stato smontato e sostituito con un manufatto commerciale, il percorso tra la villa e Ca' Toffetti è rimasto incompiuto, il nuovo ricovero per le autovetture è utilizzato come magazzino, il parco soffre per una manutenzione carente e dell'ascensore è rimasta solo la base da me predisposta.

In tal modo, anche se i servizi aggiunti restano a testimoniare la volontà di qualificare la fruizione del complesso, il senso del progetto è ancora inespresso, mentre basterebbero pochi interventi conclusivi a manifestarlo. La crescente inerzia ministeriale, sorda persino a queste minime esigenze di un monumento prestigioso, lascia poche speranze a chi sogna un completo rinnovamento della villa che, secondo le stime da me abbozzate quando ho lasciato la Soprintendenza, richiedeva un finanziamento di almeno dieci milioni di euro.

Il mio profondo coinvolgimento nelle vicende della reggia dei Pisani, dove ho organizzato mostre di pittura e di architettura, concerti e convegni, era favorito dalla circostanza, fortunata per il Ministero ma non certo per me, che mi sono trovato a vivere per sedici anni al piano sovrastante il museo che dirigevo. Quella che doveva essere una provvisoria sistemazione, in attesa del restauro dell'appartamento a me destinato nelle Procuratie Nuove di Venezia, si è progressivamente trasformata in una permanenza definitiva. I locali veneziani erano infatti occupati al mio arrivo, non so a che titolo, dal figlio di una ex soprintendente, che doveva andarsene nell'arco di un mese, ma ha protratto il suo soggiorno per circa un anno. Quando finalmente se ne è andato e sono cominciati i lavori destinati a durare ancora a lungo, ero già stato costretto a trasferire a Villa Pisani i miei mobili romani, che nuotavano in ambienti alti cinque metri ed estesi a oltre quattrocento metri quadrati. Ho perciò deciso di concentrarli nelle stanze che effettivamente abitavo con mia moglie e mio figlio, arredando il grande salone centrale, affacciato sulla sala da ballo affrescata dal Tiepolo e dedicato alle rarissime funzioni di rappresentanza, con mobili della villa inutilizzati nella sistemazione museale.

L'abitazione che ne è risultata, priva di ascensore, era alquanto squilibrata, difficile da gestire e faticosa da abitare, ma i primi anni ci siamo consolati perché ci ostinavamo a considerarla provvisoria. L'occhiuta presenza dei custodi non ti faceva sentire a casa tua e il paesino di Stra non offriva grandi servizi, ma il pur lento procedere dei lavori di Venezia apriva il cuore alla speranza di un prossimo trasloco di maggior soddisfazione.

Eravamo ancora lontani dalla conclusione quando arrivarono le prime nuvole di guerra, sotto forma di una raccomandata sgrammaticata ma spedita sapientemente a tutti gli indirizzi che contano. Vi si diceva che il signor Soprintendente, romano e quindi, secondo la retorica del Nord-Est, ladrone, sbafava ai cittadini un alloggio principesco senza averne diritto. Sulle prime non mi preoccupai: diversamente da altri colleghi in clandestine dimore prestigiose, avevo una lettera del Direttore generale che mi autorizzava a risiedere a Villa Pisani.

Vista l'assenza di reazioni la denuncia, naturalmente anonima, fu reiterata e questa volta fui costretto a prenderla sul serio, perché le tenne dietro un avviso di garanzia e una convocazione del Tribunale di Venezia. Il mio predecessore mi assicurò l'assistenza di un amico avvocato e illustre professore, che ingenuamente speravo non mi costasse nulla e invece pretese subito un sostanzioso anticipo. Era piuttosto sussiegoso e, con mia sorpresa, non voleva parlare molto con me, sostenendo che le carte erano più che sufficienti a fornirgli tutte le informazioni necessarie.

Ci recavamo, più o meno in silenzio, alle Procuratie Vecchie, dove ci attendevano per le udienze preliminari due giudici. Il pubblico ministero era un noto politicante ansioso di apparire nelle cronache come difensore del popolo, che si presentava con sgargianti maglioni e scarsa conoscenza dei fatti. Il pensiero che in seguito abbia rischiato di diventare il Sindaco di Venezia mi fa ancora rabbrivire. Il giudice istruttore aveva invece l'aria saggia di un anziano signore autorevole,

pronto a bacchettare il collega come uno scolare quando cadeva nelle sue molte inesattezze.

Le accuse erano molteplici: occupazione abusiva, abuso d'ufficio, peculato e altre corbellerie che la mia scarsa preparazione in materia m'impedisce di ricordare. La mia colpa era sostanzialmente quella di risiedere in una reggia e non pagare le spese corrispondenti al demanio. In realtà mi ero recato spesso agli uffici responsabili per sapere quanto dovevo corrispondere all'erario e a chi dovevo versarlo, ma le risposte erano state sempre sconcertanti. Non si sapeva nemmeno quali parti del complesso erano vincolate, tanto che doveti procedere a riunire le sparse membra catastali per formulare un'unica complessiva dichiarazione d'interesse.

Pensavo fosse utile perciò chiamare a testimoniare i responsabili demaniali e i rappresentanti del Ministero che mi avevano autorizzato a stare dove stavo senza precisare né il periodo, che si era prolungato non certo per mia volontà, né le modalità, che non potevo decidere da solo. Ma il mio difensore, senza nemmeno consultarmi, chiese al giudice di rinunciare a ogni dibattito e pronunciarsi direttamente al termine dell'istruttoria.

Probabilmente il principe del foro, che in futuro difenderà addirittura il nostro Presidente del Consiglio, era abituato, nella sua qualità di grande penalista, a battersi per delinquenti degni del suo calibro, che avevano tutti l'interesse a evitare incresciosi dibattimenti. Ma nel mio caso, essendo un pubblico ufficiale, non mi sentivo molto onorato di tagliar corto e nascondere le carte. Alle mie richieste di chiarimenti rispose, brevemente e col solito sussiego, che quel giudice era il meglio che potevamo sperare, mentre prolungando la procedura avremmo dovuto affrontarne un altro. La prova che si sbagliava la ebbi quando, nella sentenza di primo grado, quel sant'uomo mi condannò per l'unico reato di occupazione abusiva, origine a suo avviso degli altri capi d'accusa. A quel punto decisi di mandare a quel paese l'illustre avvocato, che si stupì, diventò improvvisamente loquace e gentile e, signorilmente, non pretese da me altri compensi. Mi rivolsi a un civilista che, oltre ad avere una grande competenza in diritto amministrativo, era un amico con cui ero abituato a discutere. Associato a un penalista dimostratore anch'esso saggio e disponibile, mi assicurò una difesa intelligente e soprattutto condivisa, spingendomi a chiedere al Ministero un parere fondato sulla lettera che mi assegnava l'alloggio in Villa Pisani. L'esito, nonostante le rose previsionsi, fu disastroso: il Direttore generale, a sua volta in difficoltà per accuse che gli venivano rivolte sui restauri fiorentini, non pensò nemmeno lontanamente di confermare il suo assenso, ma anzi rispose che la lettera costituiva un *nulla osta* e non poteva essere interpretata come autorizzazione. Con quel bell'aiuto, il mio nuovo giudice sconfessò in appello il suo predecessore, ma solo per incolparmi del più grave reato di peculato per non aver pagato, *valendomi della mia autorità in maniera fraudolenta*, somme che non mi erano mai state richieste.

Nel frattempo la situazione si era fatta pesante, perché i giornali sguazzavano nel fango, inventando sontuosi festini del nuovo satrapo romano, e la Lega, allora in auge, manifestava sotto le finestre, che mia moglie, intimorita, teneva chiuse tutto il giorno. In quest'atmosfera di «cordialità», non mi sentivo rincuorato dall'assicurazione dei miei difensori, pronti a sostenere che la condanna era strategica e serviva a garantirmi la finale assoluzione, perché fondata su un reato che la cassazione avrebbe per forza dovuto annullare. Il ragionamento mi sembrava così capzioso da suscitare nella mente di un comune cittadino un senso di ripulsa, ma paradossalmente si rivelò fondato.

In terzo grado fui assolto perché «il fatto non sussisteva». Fasci di carte ormai inutili finirono archiviati, mia moglie tornò finalmente a riaprire le finestre, ma io non ho mai potuto dimenticare che avevo subito ingiurie, sberleffi, nonché perdite di tempo e denaro per sei anni abbondanti per un fatto insussistente.

Le tre sentenze contraddittorie e l'ostile indifferenza del Ministero per una vicenda che aveva favorito in maniera determinante il restauro di un monumento importante hanno continuato a pesare sul mio giudizio e oggi sono convinto che questo Stato non è degno dei doni ricevuti dalla natura e dalla storia, né è in grado di assicurare giustizia ai suoi cittadini.

Risiedo a Padova ormai da sei anni, ma ogni tanto torno a visitare gli ambienti dove ho vissuto così a lungo e mi assale un grande sconcerto. L'assenza di manutenzione ha ridotto quelle stanze in condizioni pietose, dimostrando, se ce n'era bisogno, che solo l'assidua e amorosa presenza dell'uomo può evitare al nostro patrimonio architettonico di trasformarsi in un cumulo di rovine. •



“Opera Sistemi e Tecnologie Innovative” è sviluppato dalla partnership **de.com & Clemente Engineering Service** sulla base del brevetto del 2007 depositato dall’Ing. Pierluigi Clemente e punta a realizzare edilizia di qualità con abbattimento dei costi realizzativi e di manutenzione.

Il sistema che, oltre all’impiego di acciaio e cls, punta sull’impiego del **cassero muro de.com Plastbau 3®**, abbinato al **cassero solaio de.com new classic Plastbau®**, conferisce al manufatto elevata inerzia termica ed acustica, con conseguente abbattimento delle spese di riscaldamento, di raffreddamento e di insonorizzazione.

Il sistema è stato pensato per velocizzare al massimo le operazioni di costruzione, eliminando i tempi morti durante l’esecuzione. Può essere utilizzato anche in situazioni in cui è necessaria una determinata resistenza al fuoco.

CLEMENTE
ENGINEERING SERVICE

Clemente Engineering Service® Srl
Via F. D’Alfonso, 86
71016 San Severo (FG)
info@ingegneriaclemente.it
www.ingegneriaclemente.it

de.com
ALTERNATIVE PER COSTRUIRE CERTENZE
Sistema costruttivo **PLASTBAU**

de.com Srl
Area industriale Sud
81025 Marcianise (CE)
decom@decom.it
www.decom.it

OPERA
SISTEMI E TECNOLOGIE INNOVATIVE



In Europa il Sacro Romano Impero di Carlo Magno, frutto di una unitarietà di pensiero e di cultura inglobante sostrati diversi, alle soglie del secolo IX, era una complessa realtà politico, economica, sociale fatta di popoli cristiani riuniti sotto un unico scettro. L'ipotesi che Carlo Magno possa essere considerato o meno un precursore dell'attuale unità europea è ancor oggi oggetto di discussione tra gli storici. Certo è che i Franchi frenarono di fatto il processo di frammentazione originatosi alla caduta dell'impero romano nei territori che corrispondono all'Europa occidentale come è interessante notare la coincidenza quasi perfetta del territorio dell'Impero franco con quello degli Stati firmatari del Trattato di Roma nel 1957. Quest'anno chi riconosce in Carlo Magno il fondatore della nostra attuale identità europea ricorderà l'anniversario della sua morte con svariati eventi

Il 28 gennaio dell'anno 814, vale a dire 1200 anni dal presente, moriva Carlo Magno. Aveva 71 anni, un'età ragguardevole per quei tempi a cui poté arrivare probabilmente grazie alla corporatura robusta, ma anche al suo stile di vita che oggi diremmo salutista. Teneva il fisico assiduamente in esercizio, ricorda il suo biografo Eginardo, cavalcando, cacciando e praticando il nuoto; era moderato nel bere e nel mangiare tranne un'unica eccezione, quella per gli arrosti a cui non sapeva rinunciare.

Morì ad Aquisgrana nel Palazzo imperiale che ivi egli aveva fatto erigere: progetto architettonico straordinario per vastità di dimensioni, per ricchezza degli ambienti, per armonia delle forme, per l'impiego di marmi e i mosaici che ricordavano lo splendore degli edifici di Ravenna o di Costantinopoli. «Nuova Roma» fu definita allora la città di Aquisgrana, ma tale appellativo oltre che legato all'imponenza degli edifici fatti erigere dall'imperatore si sarebbe potuto riferire più profondamente al grande processo di rinascita allora in atto. Dopo centinaia d'anni di squallore, divisioni, povertà dello spirito, si era ritornati all'impiego della pietra e alla grandezza di un ambizioso progetto politico. Dell'imponente complesso imperiale oggi resta solo quella che fu la sua Cappella per il culto e una torre che si levava sopra le mura a fianco dell'aula regia. Le pareti robuste della torre entro cui erano custoditi il tesoro imperiale e gli archivi sono l'unica testimonianza ancora visibile dell'articolato corpo del Palazzo andato completamente distrutto con le sue abitazioni, gli uffici, le sale, le gallerie, i cortili, a seguito di incendi e devastazioni. Non si dimentichi che in quella residenza imperiale si avviò l'organizzazione di un vero e complesso apparato burocratico centrale fondamento indispensabile per l'amministrazione di tutti quei possedimenti. Oggi sulle sue fondamenta si erge il Rathaus di Aachen (corrispettivo di Aquisgrana in tedesco, come Aix la Chapelle lo è in francese) sulla cui facciata principale troneggia al di sopra della porta di ingresso una scultura di Carlo Magno con ai lati le statue di tutti i sovrani tedeschi che qui vennero nel tempo incoronati.

Nel Rathaus la sala dell'incoronazione vuole riecheggiare l'aula regia carolingia, quella destinata alle cerimonie ufficiali a cui l'imperatore assisteva seduto in trono su alti gradini. Imponenti pilastri sostengono ampie volte a costoloni decorate con lievi motivi floreali, ma malgrado la maestosità degli spazi i nostri occhi, forse perché abituati ad un patrimonio artistico ineguagliabile, colgono un non so che di modesto. A poco più di cento metri dal Municipio si trova il Duomo entro cui è stata inglobata la Cappella Palatina. Una lunga galleria coperta, in legno, che dava sui cortili interni del Palazzo e che evitava all'imperatore di affrontare i rigori del clima nei mesi invernali, collegava la residenza imperiale con la Cappella, rimasta quasi intatta dopo mille e più anni, tranne i due corpi aggiunti nei secoli XIV e XV, un nartece e un'abside in stile gotico.

S. Maria di Aquisgrana, elevata al rango di cattedrale in epoca napoleonica, fa parte del patrimonio mondiale dell'Unesco ed è inclusa nei primi dodici monumenti storici mondiali. All'interno della chiesa il fulcro rimane la Cappella carolingia, il celebre Ottagono, cosiddetto per la peculiarità della sua pianta, dove l'imperatore quotidianamente si recava per assistere alla Messa e dove nel gennaio dell'anno 814 verrà sepolto. Malgrado i lati dell'Ottagono risultino aperti per la presenza di ampie arcate a tutto sesto che immettono in un corridoio perimetrale che congiunge il nartece con l'abside, l'ambiente invita al raccoglimento e alla preghiera. Esso è concepito su due livelli, apparentemente tre, per la presenza di arcate cieche a solo scopo decorativo sovrastanti il secondo livello dove, posto come allora di rimpetto all'altare, si trova lo spoglio trono in marmo bianco di Carlo Magno che l'imperatore utilizzava per assistere alle celebrazioni religiose più solenni. Le balaustre sono in porfido, eco della magnificenza ravennate; tutto attorno dovizia di pietre ornamentali; elegante il gioco dei grigi chiari e scuri che connota gli archi





Carlo Magno, bottega di Albrecht Dürer, 1514

del piano terra e i pilastri da cui quelli si dipartono. Straordinaria la bellezza della pavimentazione realizzata con tessere marmoree policrome su cui si assieparono soldati, servi, popolo che assistevano alla celebrazione della

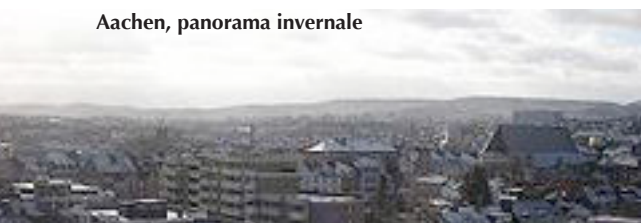
Messa con il loro sovrano. In alto il gigantesco mosaico del Cristo e la cerchia dei venticquattro vegliardi dell'Apocalisse, schierati sull'orlo del grande incavo azzurro, sono sempre là, quasi fuori dal tempo. L'antica Aquisgrana, e ora il cuore della cittadina di Aachen, era tutta stretta attorno all'area che fu del Palazzo di Carlo Magno.

Si esce all'aperto permeati di rinnovata spiritualità e ci vengono incontro bei palazzetti dalle strette facciate a tinte acquerellate, con uno sviluppo in altezza di due o tre piani, espressione architettonica di una piccola società benestante con il gusto della decorazione garbata, quella medesima che caratterizza il suo arredo urbano in cui il verde si integra con lievi abbellimenti artistici. Singole statue o gruppi scultorei movimentano gli angoli o i crocicchi delle vie, privi di quell'aura sacrale che è dell'arte maiuscola: presenze amiche o addirittura ammiccanti, da poter toccare, con cui interagire modificandone la posizione. Bella la pavimentazione stradale con la zona pedonale, la pista ciclabile, i lampioni in ferro brunito, le panchine invitanti.

Aachen fa parte della Repubblica federale tedesca, non ha aeroporto e per raggiungerla dall'Italia è necessario far tappa a Liegi o a Bruxelles o a Düsseldorf. Il cuore dell'Europa che conta oggi batte al nord e ce lo dicono i numerosi uomini d'affari che incontriamo lungo la tratta aerea, con le loro valigette nere e il solito fascio di documenti da studiare durante il volo. Nel trasferimento con lo *shuttlebus* da Düsseldorf ad Aachen si intravede un tratto del corso sinuoso del Reno sul quale scivolano nelle due direzioni scure chiatte. Gli alberi dei boschi circostanti, ormai privi di foglie, disegnano sullo sfondo del cielo cilestrino segni callegrafici. Tutto sembra pacificato nel sonno invernale della natura.

Aachen ci viene incontro distesa su lievi ondulazioni collinari racchiuse tra il Reno e la Mosa che in lontananza la incorniciano. Carlo Magno elesse questo luogo a sua dimora imperiale forse perché incantato da questa mobilità della luce e dei colori che è tipica dei luoghi percorsi da vie d'acqua, ma più probabilmente perché aveva intuito la sua posizione strategica. Certo le sue sorgenti di acqua termale e le emanazioni di vapore erano conosciute sin dall'antichità preistorica e già utilizzate sia dai Celti che dai Romani. I legionari curavano i loro acciacchi con le acque di Aquisgrana il cui nome è proprio legato a tale risorsa naturale (*aquae Grani*, acque di Grano, divinità celtica). Era il bagno militare della Provincia romana,

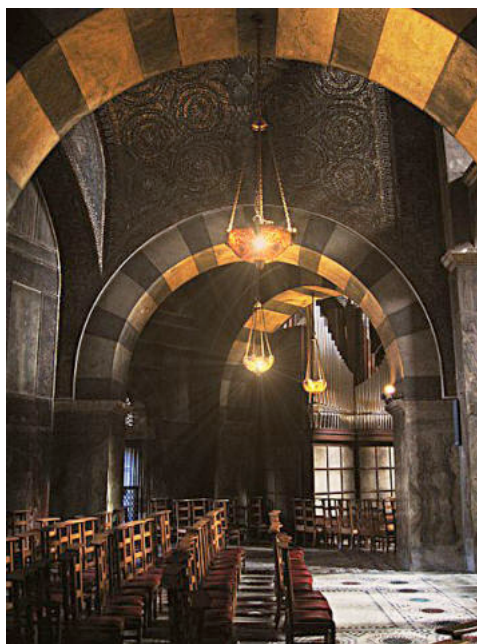
Aachen, panorama invernale



ma in ogni epoca anche nobili e borghesi e lo stesso Carlo Magno furono attratti dalle sue acque medicamentose e dai bagni di vapore. Egli ne fece la sua residenza favorita e alla fine del secolo VIII, nel giro di pochi anni, fece costruire il Palazzo imperiale con quella dovizia di materiali di cui si diceva, tale da farlo apparire agli occhi dei contemporanei come una replica di quello di Bisanzio: forse una sfida orgogliosa alla città orientale per raccogliere l'eredità di Roma. Egli era allora il sovrano di gran lunga più potente d'Europa, con un dominio che si estendeva dall'Elbro all'Elba, dall'Oceano all'alto Danubio, dall'Elba al Tevere. Lo stato da lui creato costituiva per quei tempi una profonda novità storica e geopolitica. Carlo riuscì a concentrare nella sua persona un potere quale in Occidente non si conosceva più dai tempi di Giustiniano. La notte di Natale dell'anno 800, a Roma, il Papa Leone III lo investì del titolo di imperatore romano, ma già a partire dal 798 nei documenti carolingi era comparsa l'espressione *imperium christianum* per connotare un dominio che non era il vecchio impero romano, ma che lo uguagliava in dignità e il cui compito era difendere la comunità dei fedeli. Il carattere sostanziale di questo nuovo *imperium christianum* non era tanto la tradizione romana, bensì la religione cristiana. Certo è che tale investitura sancì il distacco dell'Occidente in generale e della Chiesa di Roma dai residui rapporti con quell'Impero trasferito da Costantino in Oriente che noi chiamiamo Impero bizantino. Dopo l'investitura un contenzioso, a volte, aspro tra i due soggetti politici caratterizzò gli anni a venire, sia perché il titolo imperiale era ritenuto dai sovrani bizantini loro monopolio quali legittimi eredi dell'Impero di Roma, sia per l'anomalia dell'investitura di un imperatore da parte di un Papa. Alla fine Costantinopoli accetterà che

Carlo sia definito imperatore in quanto grande coordinatore, re di più regni e Oriente e Occidente, pur aventi comuni radici romane andranno per strade sempre più diverse tra loro.

In Europa il Sacro Romano Impero di Carlo Magno, frutto di una unitarietà di pensiero e di cultura inglobante sostrati diversi, alle soglie del secolo IX, era una complessa realtà politico, economica, sociale fatta di popoli cristiani riuniti sotto un unico scettro. L'ipotesi che Carlo Magno possa essere considerato o meno un precursore dell'attuale unità europea è ancor oggi oggetto di discussione tra gli stori-



Cattedrale di Aachen, cappella di Carlo Magno

ci. Certo è che i Franchi frenarono di fatto il processo di frammentazione originatosi alla caduta dell'impero romano nei territori che corrispondono all'Europa occidentale come è interessante notare la coincidenza quasi perfetta del territorio dell'Impero franco con quello degli Stati firmatari del Trattato di Roma nel 1957. Quest'anno chi riconosce in Carlo Magno il fondatore della nostra attuale identità europea ricorderà l'anniversario della sua morte con svariati eventi.

Ai rigori della stagione invernale ad Aachen si reagisce con vigorosa carica vitale. Ovunque colori vivaci stimolano l'occhio e aiutano lo spirito a non lasciarsi catturare dal torpore invernale. Le vetrine delle pasticcerie e dei panettieri sono un trionfo di leccornie, di prodotti invitanti e fantasiosi e così pure le vetrine dei fiorai sembrano obblò aperti su serre tropicali. Solo i ciclamini sfidano impavidamente con le loro corolle il soffio gelido del vento. L'occhio assorbe energia e la mente si convince che se anche i rami degli alberi sembrano stecchiti un soffio vitale tornerà a rigenerarli in un ciclo ricorrente che non tradisce mai le aspettative. E questa nostra Europa, che alcuni vedono già agonizzante ed altri vorrebbero proprio morta, riacquisterà vigore sotto la spinta di qualche visione politica di respiro più vasto rispetto ai singoli particolarismi nazionali? Risorgerà il mondo ordinato e unitario di Carlo a beneficio delle generazioni future? Le urne ci aspettano perché diamo una risposta. •

La morte delle stelle è un evento improvviso e violento, e proprio per la sua imprevedibilità gli astrofisici si propongono di scoprire gli eventuali segni premonitori del loro epilogo catastrofico

Uno degli scopi di questi studi riguarda la possibilità di confermare la stabilità di stelle ipergiganti, come *Eta Carinae* che, con una distanza di settemila anni luce dalla Terra, potrebbe con la sua immane deflagrazione pregiudicare la vita del nostro pianeta. Le forze gravitazionali, pur essendo le più deboli esistenti in natura, governano il cosmo su larga scala, e sono all'origine dell'instabilità a lungo termine delle stelle. Per quanto siano infinitamente più deboli delle interazioni elettriche, la cui intensità è circa 10^{36} volte maggiore, nessuna altra forza è in grado di stritolare un astro trasformandolo in una nana bianca, in una stella di neutroni, o addirittura in un buco nero. Vi è infatti un equilibrio fra le forze agenti in natura, e ciascuna presenta punti critici assieme a potenzialità specifiche. Le forze elettriche esercitano la loro influenza fino all'infinito come le interazioni gravitazionali, ma pur essendo così intense, hanno un tallone d'Achille: gli effetti causati da una carica possono essere annullati da una opposta avente lo stesso centro. Per questo motivo gli atomi, elettricamente neutri, producono un modesto campo elettrico residuo la cui influenza si manifesta unicamente nelle sue immediate vicinanze. Le interazioni elettriche, data la loro elevata intensità, sono tuttavia la causa principale del comportamento di atomi e molecole per cui non solo la chimica ma la vita stessa dipende da esse. Si ritiene che le interazioni nucleari forti siano 136 volte più intense delle forze elettriche, ma poiché il loro raggio d'azione è circoscritto a soli 3 Fermi, la cui unità corrisponde a 10^{-15} metri, il loro compito si limita a stabilizzare i nuclei atomici, mentre le nucleari deboli hanno un raggio d'azione ancora più ristretto, pari a circa 10^{-17} metri, e sono determinanti nei decadimenti radioattivi. Le forze gravitazionali sono talmente impercettibili da diventare apprezzabili solo quando i corpi sono sottoposti all'influenza di una massa notevole, ma per il fatto di essere unicamente attrattive procedono all'unisono, e in nessun modo i loro effetti possono essere neutralizzati. Esse sono quindi instabilizzanti, e quando le masse in gioco raggiungono le dimensioni delle stelle giganti, sono in grado di comprimerne le dimensioni, innescando una reazione positiva il cui effetto è di incrementarne ulteriormente l'intensità, generando così il calore necessario a fondere gli elementi pesanti. Nasce così una supernova, i cui effetti spettacolari sono noti fin dall'antichità, ma che solo in tempi recenti sono stati spiegati

L'evoluzione delle stelle in supernove

Le prime osservazioni sistematiche di supernove lontane sono state compiute da Fritz Zwicky del Caltech, California Institute of Technology fin dagli anni '30. Egli scoprì che circa la metà di esse seguiva un andamento regolare con una luminosità che aumentava gradualmente per circa tre settimane per poi diminuire lentamente per un periodo di almeno sei mesi. Zwicky classificò queste esplosioni come supernove di tipo I. Le altre supernove avevano comportamenti più variabili ed egli le classificò in quattro gruppi, che oggi sono raccolti nel tipo II.

Le prime basi teoriche su queste esplosioni furono poste da Fred Hoyle dell'Università di Cambridge e furono poi ampliate nel 1957 dai lavori teorici di Geoffrey e Margaret Burbidge, oltre che da William Fowler del Caltech. Nei loro articoli si avanzava l'ipotesi che al termine della loro vita il nucleo delle stelle collasse sotto l'azione delle proprie forze gravitazionali e l'energia potenziale liberata dalla contrazione frantumasse la maggior parte della stella espellendo nello spazio interstellare gli elementi chimici formati nella sua maturazione.

Questi studi tuttavia giustificavano solo a grandi linee l'origine della violenta espulsione di materia generata dall'implosione della stella, e solo in tempi recenti si è potuta spiegare la formazione delle onde d'urto in grado di espellere a velocità dell'ordine di 10 mila km/s gran parte della massa che costituisce la stella al termine della sua vita.

Le stelle evolvono tranquillamente per un periodo di tempo dipendente dalla loro massa e la loro vita può estinguersi in un intervallo temporale che oscilla fra un minimo di tre milioni di anni per le più massicce, fino al limite di venti miliardi di anni per le più leggere.

Si ritiene che il Sole, una stella di massa intermedia, sia nato circa cinque miliardi di anni fa e che possa proseguire la sua vita per altri cinque miliardi di anni prima di trasformarsi in una gigante rossa in grado di espandersi fino al confine del nostro pianeta.

Gli astri rimangono in equilibrio fino a quando il calore generato dalla fusione nucleare produce una pressione in grado di controbilanciare l'attrazione gravitazionale che tende invece a far implodere il sistema. In queste reazioni quattro atomi di idrogeno si fondono in un unico atomo di elio, e questa trasmutazione è esotermica perché l'elio ha una massa leggermente inferiore a quella dei quattro atomi di idrogeno.

L'equivalente in energia della massa eccedente viene perciò liberato sotto forma di calore.

La trasformazione della massa in energia è uno dei processi di produzione energetica più efficienti esistenti in natura e da un solo milligrammo di idrogeno si ricava il calore prodotto dalla combustione di venti litri di benzina. Il processo rimane stabile fino all'esaurimento dell'idrogeno del core della stella. A questo punto il nucleo si contrae perché non esiste più la produzione di energia che si opponga alle forze gravitazionali.

La compressione del nucleo aumenta la sua temperatura al punto da innescare nelle stelle giganti altre reazioni di fusione che bruciano l'elio trasformandolo in carbonio che a sua volta induce altre reazioni nucleari che producono neon, ossigeno e infine silicio. Queste reazioni sono tutte esotermiche e liberano energia.

Un ultimo ciclo della fusione combina nuclei di silicio per formare nichel, cobalto, e infine l'isotopo di ferro 56, costituito da 26 protoni e 30 neutroni. Il nucleo di ferro è molto stabile ed è quello coi legami più forti.

La sua fusione perciò assorbe energia e lo stesso avviene per tutti gli elementi successivi. È questo il motivo per cui dagli elementi più pesanti si ricava energia non dalla fusione, ma dalla fissione del nucleo. A questo punto della sua esistenza la stella ha una struttura simile a una cipolla, con un nucleo di ferro circondato da un guscio di silicio e di zolfo, oltre i quali si trovano strati di ossigeno, carbonio ed elio, mentre l'involucro esterno è formato prevalentemente di idrogeno.

Quando una stella gigante esaurisce il suo combustibile nucleare, crolla sotto il proprio peso in meno di un secondo, producendo un'immane esplosione la cui potenza è superata solo dal *big bang* da cui è nato l'Universo.

Una supernova può risplendere più di un'intera galassia e irradiare in pochi mesi l'energia che il Sole è in grado di emettere in miliardi di anni.

La luce visibile assieme ai raggi X e ultravioletti generati dall'esplosione costituisce tuttavia una minima parte dell'energia complessiva emessa, perché l'energia cinetica della materia espulsa a elevatissima velocità è circa 10 volte maggiore, mentre una componente ancora superiore di energia viene emanata dagli elusivi neutrini, particelle la cui massa viene stimata in alcuni elettronvolt. Dopo la deflagrazione, quasi tutta la materia della stella si disperde nello spazio, mentre al centro si deposita un relitto denso e scuro destinato a trasformarsi in qualche caso in una stella di neutroni, oppure, per le stelle più massicce, in un buco nero. Questa descrizione, piuttosto sintetica, è nota da diversi decenni, ma la sequenza delle reazioni nucleari all'interno di una stella nella sua fase terminale è ancora oggetto di studi che cercano di chiarirne ogni aspetto.

La principale difficoltà consiste nel fatto che l'esplosione è un evento complesso in cui interagiscono la turbolenza, la meccanica quantistica e la teoria della relatività, discipline già difficili in se stesse. Per questo motivo la dinamica di un'esplosione stellare dipende da ben sette parametri, che rendono piuttosto onerosi i programmi di calcolo, con conseguente lentezza del sistema. A causa di questa complessità, le pionieristiche ricerche attuate col metodo degli elementi finiti imponevano tempi di calcolo eccessivamente lunghi per essere gestiti e si fondavano su modelli troppo semplificati che non distinguevano i comportamenti delle stelle in funzione della loro massa.

In tempi recenti, l'affinamento delle tecniche matematiche e l'aumentata velocità di calcolo degli elaboratori hanno consentito di approfondire la nostra conoscenza della fase estrema di una stella massiccia.

Il primo problema che si poneva ai ricercatori era quello di spiegare come fosse possibile che il collasso di un'implosione potesse trasformarsi in una violenta esplosione. Le analisi teoriche e le simulazioni numeriche hanno iniziato a produrre un quadro coerente che prevede la formazione di un'onda d'urto in moto verso l'esterno alla velocità di 30 mila chilometri al secondo, e sarebbe proprio essa a rendere ragione dell'immane esplosione.

Le supernove di tipo I

La classificazione delle supernove è stata resa possibile dalle curve della luce emessa, che indica l'andamento della sua luminosità nel tempo. Essa aumenta rapidamente nel corso delle prime settimane raggiungendo un picco d'emissione che può essere uguale a milioni di volte la luminosità del Sole. Le esplosioni di tipo I sono le più rare e presentano curve di radiazione simili tra loro. La luminosità diminuisce gradualmente nel corso di sei mesi circa, al contrario delle supernove di tipo II che sono tipicamente cinque volte più deboli e si esauriscono più rapidamente.

Le supernove di tipo I si osservano anche nelle galassie ellittiche, costituite principalmente da stelle vecchie e di debole intensità, e per questo si ritiene che siano state prodotte da stelle aventi alcuni miliardi di vita. Proprio per la loro età, non possono avere una massa superiore a qualche unità solare, perché altrimenti avrebbero già esaurito il loro combustibile nucleare. Sorge quindi il problema di spiegare come sia possibile che una stella normale possa generare al termine della sua esistenza l'immane esplosione delle supernove. Quando ha termine la fusione, una stella di massa ordinaria si trasforma infatti in una nana bianca, il cui diametro è confrontabile con quello della Terra. Queste stelle sono così chiamate perché la loro temperatura superficiale le porta al calore bianco, ma per le loro ridotte dimensioni irradiano un fioco bagliore e se isolate possono rimanere in questo stato per un tempo indefinito spegnendosi molto lentamente. La loro densità è circa un milione di volte superiore a quella della materia terrestre. Negli anni '30 Subrahmanyan Chandrasekhar dell'Università di Chicago ha spiegato le ragioni per cui una stella arresta il suo collasso dopo essere diventata una nana bianca. La stabilità è dovuta a un effetto quantomeccanico perché la pressione degli elettroni degeneri si oppone a un eccessivo avvicinamento reciproco. Gli elettroni degli atomi in una nana bianca sono fortemente premuti e in queste condizioni offrono una grande resistenza all'azione delle forze gravitazionali.

L'energia degli elettroni all'interno di un atomo è sempre negativa, con un valore che diminuisce per quelli più vicini al suo nucleo, chiamati elettroni di kernel. Per far fronte all'intenso campo elettrico del nucleo che ricevono in pieno per la mancanza di altri elettroni intermedi che ne schermino l'efficacia essi sono molto veloci.

Infatti, quando la pressione delle forze gravitazionali li avvicina al nucleo, per il principio di conservazione del momento della quantità di moto, la loro energia cinetica aumenta assieme alla pressione che essi sono in grado di contrastare.

Ne consegue che, avvicinandosi al nucleo atomico, la forza centrifuga cresce al punto da non essere più equilibrata dall'attrazione coulombiana esercitata dai protoni, e perciò genera un'intensa pressione in grado di contrastare le forze che hanno compresso la nube elettronica. La repulsione reciproca fra gli elettroni ha tuttavia un limite e, per quanto la loro energia cinetica aumenti con la riduzione del raggio della stella, la loro energia potenziale come quella dell'astro nel suo insieme diminuisce. La pressione dipende dal numero di particelle e dalla loro energia cinetica media.

Nel core della stella pure i nuclei atomici aiutano a contrastare le forze gravitazionali, ma il contributo degli elettroni è molto più significativo.

L'equilibrio è possibile solo se la massa non supera un certo valore critico che assume il nome di massa di Chandrasekhar e che dipende dal rapporto fra la massa complessiva degli elettroni e quello dai nucleoni.

Tanto maggiore è la percentuale di elettroni, tanto maggiore è la loro pressione, e quindi il limite di Chandrasekhar.

Nelle stelle leggere, dove la catena delle fusioni si limita al carbonio, la massa limite è di 1,44 masse solari, che rappresenta il valore massimo per una nana bianca.

Si ritiene tuttavia che siano proprio esse a produrre le supernove di tipo I, perché frequentemente si assestano all'interno di un sistema binario e la materia della compagna, venendo attirata dal suo intenso campo gravitazionale, precipita progressivamente sulla sua superficie.

In questo modo aumenta gradualmente la massa del nucleo di carbonio che ora è in grado di trasmutarsi in ossigeno, bruciando in un'onda che si muove verso l'esterno distruggendo la stella.

Questa idea è stata proposta fin dal 1960 da Hoyle e Flower e in seguito altri astrofisici hanno proposto modelli più dettagliati, fra i quali spicca quello di Icko Iben Jr dell'Università dell'Illinois.

Recentemente Ken'ichi Nomoto dell'Università di Tokio ha suggerito che la fusione non sia esplosiva, in quanto l'onda di reazioni di fusione si propaga come una miccia producendo una deflagrazione e non una detonazione. Anche se questa è meno violenta di una detonazione, è sufficiente per provocare la completa distruzione della nana bianca.

Nel corso della deflagrazione le reazioni nucleari producono circa una massa solare dell'isotopo nichel 56, che successivamente decade nei suoi elementi affini formando prima cobalto 56 e poi ferro 56.

L'esame degli spettri delle curve di luce che esprimono l'andamento della luminosità della radiazione emessa ha consentito di distinguere le supernove di tipo I in Ia e Ib.

Le prime sono più brillanti e dopo il picco di radiazione iniziano un rapido declino che successivamente rallenta in modo esponenziale con emivita di 50 giorni provocata al decadimento radioattivo.

Gli eventi del tipo Ib sono meno luminosi e non sono ancora del tutto compresi, ma si ritiene che il decadimento radioattivo abbia un ruolo solo nell'ultima fase.

Gli spettri del tipo Ib sono privi della riga dell'idrogeno e della riga del silicio a 615 nanometri.

La teoria conferma che la velocità con cui il decadimento radioattivo libera energia, corrisponde proprio a quella necessaria per spiegare la diminuzione graduale dell'emissione luminosa delle supernove tipo I.

Le supernove di tipo II

Le supernove di tipo II derivano da stelle di massa molto maggiore, a partire da un limite minimo che oggi viene stimato in otto masse solari.

I loro spettri indicano che l'esplosione ha luogo in un involucro di grande massa ricco di idrogeno che assorbe buona parte della radiazione.

Inoltre le esplosioni di queste stelle nelle galassie a spirale avvengono sempre nei bracci e vicino a nubi di gas e polveri, sede di formazione di nuove stelle. Queste stelle massicce sono in grado di produrre nuclei di silicio dopo aver attraversato gli stadi contraddistinti dalla fusione dell'idrogeno, dell'elio, del neon, del carbonio e dell'ossigeno e aver assunto una struttura a gusci concentrici.

La produzione di questi elementi avviene in una stella massiccia durante la sua vita ordinaria e quindi ben prima della sua esplosione, e si verifica nel tempo di alcuni milioni di anni.

Una stella di massa pari a 18 volte quella solare produce energia con la fusione dell'idrogeno in elio per un tempo di circa dieci milioni di anni. Per evitare il collasso del nucleo, essa deve mantenere al suo interno una temperatura di circa 40 milioni di Kelvin per far fronte alla elevata pressione idrostatica e quindi consuma con rapidità il proprio combustibile.

Quando nel 30% dell'interno della stella l'idrogeno si è trasformato in elio le regioni centrali iniziano lentamente a comprimersi e nell'arco di alcune decine di migliaia di anni la densità del centro aumenta da 6 g/cm^3 a 1100 g/cm^3 . La temperatura del nucleo raggiunge i 190 milioni di Kelvin e l'aumento di temperatura consente la fusione dell'elio.

Nel frattempo gli strati più superficiali, composti ancora da idrogeno, reagiscono all'aumento della radiazione proveniente dall'interno espandendosi fino a un raggio di 300 milioni di chilometri, pari al doppio della distanza della Terra dal Sole. La stella si trasforma quindi in una supergigante rossa o, in qualche caso, in una supergigante blu.

La riserva di elio si esaurisce in meno di un milione di anni, trasformandosi in carbonio e ossigeno. La cenere nucleare di questi elementi più pesanti è in grado di produrre la combustione del carbonio solo quando la temperatura raggiunge i 740 milioni di Kelvin, con una densità del nucleo di 240 kg/cm^3 . Le reazioni producono a questo punto una miscela di neon, magnesio e sodio. Una volta raggiunta la temperatura di 1,6 miliardi di Kelvin e una densità di 7400 kg/cm^3 pure il neon brucia, mentre l'ossigeno fonde solo quando la temperatura raggiunge 2,1 miliardi di Kelvin e la densità diventa pari a 16 tonnellate al centimetro cubo. Quando la temperatura aumenta a 3,4 miliardi di Kelvin e la densità raggiunge le 50 tonnellate al centimetro cubo, sia il silicio che lo zolfo riescono a generare una nuova fusione nucleare. Nelle regioni soprastanti i combustibili più leggeri continuano a bruciare in regioni meno dense e calde, per cui gli elementi si stratificano in ordine di peso atomico crescente avvicinandosi verso il centro. Le fusioni avvengono sempre più rapidamente, e mentre la combustione dell'elio avviene nell'arco di un milione di anni, quella del carbonio richiede 12 mila anni, mentre il neon si limita a dieci anni, l'ossigeno a quattro anni e infine il silicio si esaurisce in una settimana. Ognuna di queste riserve di energia ne libera la stessa quantità totale, ma una volta che il nucleo raggiunge la temperatura di fusione del carbonio i fotoni gamma si trasformano in coppie particella-antiparticella costituite da un elettrone e da un positrone.

Queste particelle annichilendosi a vicenda producono quasi sempre raggi gamma, ma in qualche caso danno origine a neutrini.

Questi sono in grado di sfuggire dalla stella molto più facilmente della radiazione elettromagnetica e così sottraggono energia alla stella accelerandone l'epilogo.

Lo stadio che precede l'esplosione finale della supernova inizia quando nel cuore del guscio di silicio inizia a formarsi un nucleo costituito da nichel, cobalto e infine ferro.

Il nickel 56 ha un tempo di dimezzamento di 6,1 giorni, mentre il cobalto 56 ha un'emivita di 77,1 giorni e produce ferro 56 eccitato che scendendo al livello energetico inferiore genera raggi gamma che alimentano la supernova.

La reazione di trasmutazione del silicio in ferro avanza successivamente sul bordo del nucleo così formatosi, provocandone la sua espansione, mentre il ferro a causa della sua elevata stabilità non riesce più a produrre altra energia attraverso nuove reazioni nucleari.

L'arresto del processo di fusione impedisce quindi di equilibrare la pressione dovuta alla gravità con quella generata dall'agitazione termica dei nuclei atomici e degli elettroni.

Una volta avviata, la fusione del nucleo di silicio procede a velocità estremamente elevata e la massa del nucleo arriva al limite di Chandrasekhar nel tempo di appena un giorno.

Si ritiene che il valore della massa limite per il ferro sia leggermente diverso da quello di una nana bianca, ma comunque sia compreso fra 1,2 e 1,5 masse solari.

Una volta raggiunto questo limite, il ritmo accelera e il nucleo della stella che si è formato nel tempo di un giorno precipita in meno di un secondo. La compressione della stella pur aumentando la temperatura del nucleo, non è sufficiente a rallentarne il collasso, e contribuisce piuttosto a rafforzare l'effetto opposto.

Con l'aumento di temperatura infatti una piccola frazione di nuclei di ferro si dissocia in nuclei più piccoli, aumentando così il numero di particelle e quindi la componente nucleare della pressione.

La frantumazione dei nuclei di ferro richiede però un'intensa energia che viene assorbita dagli elettroni, la cui pressione perciò diminuisce.

La riduzione del contributo degli elettroni è più significativa dell'aumento della pressione nucleare e il risultato è quindi un'accelerazione del collasso.

L'implosione della stella non è un processo del tutto caotico, perché l'evoluzione della stella procede in modo significativo verso una condizione di maggior ordine, con una conseguente minore entropia. Infatti, in una stella di idrogeno ciascun nucleone può muoversi liberamente su una propria traiettoria, mentre nel nucleo di ferro i nucleoni sono compressi in gruppi di 56, ed essendo costretti a muoversi in ranghi serrati in uno spazio ristretto, si limita di conseguenza il numero degli stati possibili.

All'inizio del processo di fusione dell'idrogeno in elio, l'entropia dei nucleoni, espressa in unità della costante di Boltzmann, vale circa 15, mentre nel nucleo di una presupernova si limita ad appena 1.

Questa trasformazione non viola il II principio della termodinamica, perché la diminuzione di entropia è compensata da un suo complementare aumento provocato dall'irradiazione elettromagnetica e nella fase estrema anche dall'emissione dei neutrini.

L'entropia rimane bassa per tutto il corso del collasso e le reazioni nucleari trasmutano continuamente da una specie all'altra i nuclei presenti.

Le reazioni sono così rapide che l'equilibrio della stella riesce a conservarsi solo per un brevissimo tempo.

La scala temporale delle reazioni nucleari è compresa tra 10^{-15} e 10^{-23} secondi, così che qualunque deviazione dall'equilibrio viene compensata per qualche istante dall'aumento di temperatura.

L'enorme densità del nucleo di una stella in fase di collasso favorisce l'assorbimento degli elettroni da parte dei nuclei atomici, trasformando così un protone in un neutrone e in un neutrino. Questi ultimi sfuggono dalla stella sottraendole energia ed entropia e riducendo la temperatura del sistema allo stesso modo di un liquido che perde calore a causa dell'evaporazione. La conseguente diminuzione di velocità degli elettroni ne riduce la pressione favorendo l'accelerazione dell'implosione. In una prima fase l'implosione della stella termina quando la densità del nucleo raggiunge un valore di circa 400 mila tonnellate al centimetro cubo. A questi valori la materia diventa opaca ai neutrini, e questo comporta un importante cambiamento nella dinamica del sistema, come dimostrato da T.J. Mazurek del Mission Research Laboratori di Santa Barbara in California e da Katsuhiko Sato dell'Università di Tokyo.

I neutrini sono particelle molto elusive perché sono sensibili unicamente alle forze nucleari deboli, il cui raggio d'azione è molto più ristretto delle forti. Per questo motivo quasi tutti i numerosi neutrini che dallo spazio raggiungono la Terra riescono ad attraversarla senza interagire con alcuna sua particella.

L'intrappolamento dei neutrini consiste nel fatto che essi vengono continuamente deviati, assorbiti e riemessi ripetutamente prima che essi riescano a sfuggire dal nucleo stellare, prolungandone la presenza nel nucleo per un tempo maggiore di quanto ne rimanga prima del collasso finale.

La cattura degli elettroni da parte dei protoni riduce il rapporto tra elettroni e nucleoni, e in un nucleo di presupernova questo valore è compreso tra 0,42 e 0,46, numero che scende a 0,39 non appena i neutrini rimangono bloccati all'interno del core. Questo rapporto così basso riduce il limite di Chandrasekhar che scende a circa 0,88 masse solari, accelerando la dinamica del collasso della stella.

In base ai principi della termodinamica, a parità di temperatura, la pressione è proporzionale al numero di particelle per unità di volume, indipendentemente dalla loro massa. Un nucleo di ferro perciò fornisce lo stesso contributo alla generazione della pressione di un protone isolato.

Se i nuclei di ferro si scindessero, la loro pressione potrebbe essere sufficiente ad arrestare la contrazione, ma la fissione è una reazione endotermica e richiede una quantità molto elevata di energia, pari a circa 2,2 MeV, prelevati dall'energia cinetica delle altre particelle.

L'energia gravitazionale liberata dalla contrazione della stella non viene più impiegata come nelle fasi precedenti a far aumentare la temperatura, e quindi a compensare la pressione idrostatica gravitazionale, ma per proseguire la distruzione dei nuclei di ferro e per questo la stella non arresta il suo collasso.

Il ferro perciò non è in grado di contrastare il cedimento del nucleo fino a quando la sua densità non raggiunge quella del nucleo atomico, pari a 270 milioni di tonnellate per centimetro cubo.

La materia nucleare, per essendo estremamente rigida, non è del tutto incompressibile, e proprio per questo consente la formazione di onde d'urto che trasformano il collasso di una stella in una esplosione spettacolare.

L'evoluzione delle supernove

Le osservazioni astronomiche compiute nell'ultimo millennio consentono di stabilire che in questo periodo sono state avvistate nella nostra galassia almeno cinque esplosioni di supernove. Dai documenti cinesi sappiamo che nell'emisfero boreale si sono rese visibili supernove nel 1006, nel 1054 e nel 1181. La prima di queste, pur essendo ben osservabile, fu quasi completamente ignorata dagli astronomi europei.

La supernova del 1054 apparve nella costellazione del Toro e secondo gli astronomi cinesi durante i primi giorni che seguirono la sua apparizione la stella splendeva quanto la luna piena, che da sola illumina la Terra più dell'intera galassia. Questo picco radiativo durò tuttavia solo pochi giorni e a poco a poco diminuì fino a rendere invisibile la stella.

Le prime osservazioni dettagliate e precise si devono tuttavia a Tycho Brahe, che studiò per circa un anno la *stella nuova* del 1572 e ne misurò la luminosità confrontandola con quella di stelle e pianeti. Questo evento metteva in discussione la dottrina aristotelica che il regno delle stelle fisse fosse perfetto e immutabile, ma Tycho riuscì a trovare una soluzione di compromesso affermando che la stella, pur trovandosi a una notevole distanza, era formata da materia non del tutto perfetta, e quindi corruttibile.

Con questa interpretazione la dottrina peripatetica non subì per il momento una grave erosione e non fu compromessa da un'apparizione incompatibile con la cosmologia dello Stagirita. Più importante a questi effetti fu la supernova osservata da Keplero nel 1604, che fu l'ultima a essere osservata nella nostra galassia. Essa infatti convinse Galileo a rifiutare pubblicamente il geocentrismo di matrice aristotelica tolemaica e a scendere in campo in favore della dottrina copernicana.

Con lo sviluppo delle strumentazioni astronomiche, già dalla fine dell'Ottocento sono state compiute numerose osservazioni fotometriche e spettroscopiche di questi resti, ma solo con la nascita della radioastronomia è stato possibile analizzare compiutamente i relitti di supernove.

I ricercatori sono ora in grado di esaminare le tracce di queste esplosioni che rimangono ancora tra i corpi celesti più luminosi della galassia, essendo formati da frammenti di stelle ancora molto caldi che si allontanano dal centro dell'esplosione ad una velocità di circa diecimila chilometri al secondo.

Nella nostra galassia si conoscono oltre 120 resti di supernove che corrispondono in gran parte a esplosioni avvenute decine di migliaia di anni fa, ma sono soprattutto le più recenti ad attrarre l'interesse degli astrofisici. Esse consentono di verificare i modelli teorici del meccanismo di esplosione di una supernova e di stimare approssimativamente la massa della stella esplosa. Questi resti sono rilevabili coi radiotelescopi e alcuni sono ancora visibili alle lunghezze d'onda ottiche, ma la maggior parte dell'energia nei resti più giovani viene irradiata nella regione dei raggi X. Il relitto della supernova di Tycho emette tuttora in questa regione dello spettro un'energia centinaia di volte superiore a quella emessa complessivamente dal Sole in tutte le lunghezze d'onda.

Persino la Nebulosa del Granchio, il resto fossile della supernova del 1054, emette quasi tutta la sua energia sotto forma di raggi X, nonostante rimanga ancora molto luminosa nel visibile. Poiché l'atmosfera terrestre assorbe i raggi X, è necessaria la loro osservazione dallo spazio e il primo grande telescopio orbitante per questi scopi è stato l'osservatorio Einstein, attivo dal novembre 1978 all'aprile 1981. Esso consentiva già allora una buona risoluzione angolare e la sua sensibilità per le deboli emissioni era migliaia di volte superiore agli strumenti precedenti.

Attualmente la rilevazione dei raggi X del cosmo è affidata al telescopio spaziale Chandra della NASA, mentre l'osservazione nell'infrarosso spetta al telescopio spaziale Herschel, il cui specchio ha un diametro di tre metri.

Le ricerche dei resti delle supernove avvistate nella nostra galassia hanno lo scopo di chiarire un quadro teorico che presenta tuttora diffuse lacune. Non è chiaro infatti quale sia il destino di un astro di massa intermedia compreso tra 1,4 e 8 masse solari, anche se alcuni studiosi ritengono che queste stelle perdano massa durante il corso della loro vita sotto forma di vento solare.

Inoltre non è stato ancora definitivamente provato che la differenza fra le supernove di tipo I e II consista unicamente nella differenza di massa. Infatti, sono state osservate esplosioni di tipo I anche in regioni di formazioni di stelle, e questo può indurre a ritenere che pure queste derivino da stelle giovani di grande massa e non da vecchie nane bianche.

Per chiarire questi aspetti ancora incerti, può essere utile l'osservazione dei resti di supernove, perché si pensa che le stelle giganti producano

dopo il loro epilogo un relitto stellare denso, che tuttavia non sempre è osservabile.

I primi studi sull'esistenza di possibili stelle di neutroni furono avviati dai fisici Robert Oppenheimer e Lev Landau, oltre che dagli astronomi Frank Zwicky e Walter Baade, che ne hanno anticipato la loro possibile esistenza, ma le loro conclusioni rimasero per lungo tempo solamente sul piano speculativo.

La vera conferma dell'esistenza delle stelle di neutroni avvenne solo verso la fine del 1967 quando il gruppo di radioastronomia dell'Università di Cambridge diretto da Antony Hewish stava realizzando uno studio sistematico sulle fluttuazioni di intensità delle radiosorgenti nello spazio interplanetario. Le strumentazioni operavano alla frequenza relativamente bassa di 81 megahertz, particolarmente indicata per questo scopo.

Nel corso di una sessione di osservazioni Jocelyn Bell, una giovane laureata del gruppo di Hewish, rilevò che nei grafici apparivano alcuni deboli segnali separati da intervalli temporali di 1,3 secondi. La ricercatrice comprese che essi non erano un semplice disturbo, e ripetendo queste osservazioni il team confermò che questi impulsi provenivano da un oggetto astronomico fino ad allora sconosciuto.

La loro straordinaria regolarità privilegiava un'interpretazione fondata sulla rapida rotazione di un oggetto di piccole dimensioni con grande massa. In seguito furono scoperte altre radiosorgenti che vennero chiamate pulsar, cioè radiosorgente pulsante. Si scoprì che le onde erano polarizzate, ma il piano di polarizzazione variava nel tempo. Questo confermava che la pulsar fosse in rotazione su se stessa. Infine, poiché, non sono mai stati osservati corpi celesti con caratteristiche intermedie, gli studiosi sono stati indotti a ritenere che non fossero originati dall'evoluzione di un qualunque tipo di stella con un passaggio graduale, ma improvviso e violento. Queste scoperte accesero l'interesse per gli studi teorici sulla materia ultracondensata e sulle stelle di neutroni, e gli scienziati giunsero alla conclusione che per essere stabile la sua massa doveva essere compresa tra una e tre masse solari, con un raggio dell'ordine di dieci chilometri. Le ricerche furono in grado di stabilire che nella sua struttura si possono distinguere quattro zone principali: una sottile atmosfera di elettroni liberi dello spessore di qualche centimetro, una corteccia cristallina profonda alcuni chilometri composta fondamentalmente da ferro, una zona più interna costituita principalmente da neutroni, e infine un nucleo centrale formato da particelle elementari ancora più dense chiamate iperoni.

L'elevata frequenza di rotazione è in grado di generare un'intensa magnetosfera nella quale vengono accelerate le particelle cariche che producono la sua radiazione. Furono proprio queste ricerche a fare comprendere la possibilità dell'esistenza dei buchi neri, relitti di stelle ipergiganti. Questo termine fu coniato nel 1967 da John Wheeler, che lo usò per la prima volta in una conferenza. Infatti, il resto delle stelle ipergiganti è in grado di superare il limite di stabilità di tre masse solari dopo il loro epilogo in supernove.

Se si considera che una stella di neutroni ha una velocità di fuga di circa 140 mila km/s, una volta oltrepassata la densità dei nuclei atomici, la riduzione delle dimensioni ne accresce drasticamente il campo gravitazionale fino a generare una velocità di fuga superluminale.

La teoria generale della relatività afferma che anche la luce è soggetta all'influenza della gravità, per cui nemmeno la radiazione elettromagnetica può essere in grado di sfuggire da un relitto di massa estrema che per queste ragioni venne chiamato buco nero. Questa idea non era del tutto nuova, in quanto era già stata anticipata nel 1783 dal britannico John Michell, che l'aveva presentata alla Royal Society proponendo di cercarli attraverso la loro influenza gravitazionale.

La scoperta dell'esistenza delle stelle di neutroni, fino ad allora prevista solo ipoteticamente, ha quindi fatto riemergere l'interesse per questa teoria pubblicata nel lontano 1915, che pur rappresentando l'apice del pensiero di Einstein, fu per decenni trascurata dai cosmologi. Grandi scienziati come Roger Penrose, Stephen Hawking e Leonard Susskind hanno così investito le loro energie nello studio dei buchi neri, che costituisce al momento presente l'ultima frontiera dell'astrofisica.

Anche se si tratta di studi che attualmente appartengono a un piano puramente teorico, hanno suscitato un grande interesse in un vasto pubblico, confermando che l'uomo si attende dalla scienza non solo una capacità attuativa, ma anche una funzione contemplativa.

È proprio questa istanza ad avere consentito la nascita delle sue radici nell'antica Grecia, il cui pensiero era orientato non tanto alle finalità operative del sapere, ma alla ricerca della verità. •

Weber.therm robusto

I sistemi «a cappotto» sono la soluzione ideale per progettare e costruire edifici ad elevata efficienza energetica, contribuendo al contenimento delle spese per la climatizzazione degli ambienti interni in ogni stagione dell'anno e alla conseguente riduzione dell'inquinamento atmosferico.

Le soluzioni più diffuse di questa tecnologia, tuttavia, sono caratterizzate da vincoli costruttivi (pannello in adesione a sottofondo e rivestimento, finiture e decorazioni esclusivamente a base sintetica) che ne limitano la possibilità espressiva dal punto di vista formale.

Weber.therm Robusto supera e risolve queste problematiche garantendo robustezza e durabilità ad un sistema di isolamento declinabile secondo qualunque alternativa estetica, dalle più tradizionali (finiture minerali) a quelle di maggior tendenza (rivestimenti in pietra, ceramica e laterizio).

La possibilità di abbinare un pannello isolante minerale e prodotti di finitura (intonaci, rasanti e rivestimenti decorativi) anch'essi a base minerale, permette di ottenere le migliori prestazioni di traspirabilità, isolamento acustico e reazione al fuoco dell'intero sistema e consente la massima libertà di scelta nella finiture.



La XX edizione del Salone del Restauro di Ferrara 2013 ha avuto come tema principale, e non poteva essere altrimenti, lo stato e le problematiche dei beni culturali colpiti dal sisma in Emilia. Dopo la fase iniziale dell'emergenza, della messa in sicurezza e della stima dei danni si è aperta ora una seconda fase, quella riguardante la ripresa, con la progettazione di interventi su strutture educative, sostegni alle

attività produttive, ai servizi sanitari, alle emergenze sociali e anche al restauro del patrimonio culturale. In particolare il tema del restauro e della ricostruzione dei beni culturali colpiti dal sisma si sviluppa non solo sul piano strettamente tecnico e architettonico ma anche su quello culturale e sociale. È infatti un fenomeno accertato il disorientamento delle popolazioni che hanno visto violati nella loro integrità o addirittura spariti i propri abituali punti di riferimento architettonici (chiese, campanili, torri): gli edifici vivono in relazione con il più esteso contesto urbano, a cui le comunità attribuiscono profondi significati. Ed è qui che ci si inoltra nel difficile percorso della ricostruzione, da qui la delicatezza, il rigore e la massima attenzione nell'affrontare le tematiche del recupero e del restauro, obiettivo primario della **XXI edizione** del Salone del Restauro di Ferrara dove un intero padiglione è stato dedicato ai 55 Comuni cosidetti del «cratere del sisma». •

VERONAFIERE crede nel settore movimento terra e investe senza riserve in Samoter Asphaltica 2014



Giovanni Mantovani, Direttore Generale di **Veronafiere**: «La crisi si supera insieme. Il nostro ruolo è quello di organizzatori di rassegne al servizio del sistema imprese, grandi gruppi e piccole medie aziende. Per questo abbiamo predisposto un forte investimento sul mercato interno e per l'incoming di delegazioni commerciali estere». L'appuntamento da non mancare dunque è dall'8 all'11 maggio a Veronafiere per la 29ª edizione di Samoter, Salone internazionale triennale dedicato alle macchine da movimento terra, da cantiere e per l'edilizia (www.samoter.com). La rassegna, nata nel 1964 a Verona, sarà affiancata anche da **Asphaltica**, Salone delle soluzioni e tecnologie per produzioni stradali, sicurezza e infrastrutture (www.asphaltica.it).



stenibilità sarà protagonista di **Samoter** importante tema sarà al centro della manifestazione, il salone delle soluzioni e tecnologie viarie. La grande attrazione di **Asphaltica** soluzioni per realizzare strade con materiali tecnologie a basso impatto ambientale e **ASCOMAC** e **IMAMOTER**, nell'ambito dell'**Earth Moving Day**, si terrà il progetto di area demo **Smart Site - Smart city - Dal cantiere a impatto zero alla città sostenibile**, un **Modello di cantiere a impatto zero** per la progettazione integrata alla realizzazione sostenibile di edifici, infrastrutture e strade.

Alla luce di questo clima costruttivo, il Salone sarà osservatorio privilegiato per fare il punto della situazione e guardare al futuro del mondo del **construction** incrementando il posizionamento e il presidio dei mercati internazionali. In questa direzione si è mossa **Veronafiere** ha intensificato la promozione con campagne radio, web e un piano media capillare, senza dimenticare l'attenzione ai nuovi mercati, che sono al centro della prossima edizione di Samoter. Con la collaborazione delle Camere di Commercio e degli uffici ICE di Roma, abbiamo investito per incrementare l'incoming di missioni commerciali di gradi buyer e operatori specializzati provenienti da Europa (Austria, Belgio, Francia, Germania, Olanda, Spagna Portogallo, Regno Unito e Svizzera), Est Europa (Azerbaijan, Bulgaria, Moldavia, Polonia, Romania, Russia e Ucraina), Medio Oriente (Arabia Saudita, Egitto, Giordania, Iran, Iraq, Libano, Palestina e Turchia), continente americano (Stati Uniti e Brasile) e africano (Algeria, Marocco, Mozambico, Sudafrica e Tunisia). Ma Samoter sarà anche un momento di confronto e approfondimento: se lo sviluppo scientifico e la promozione della filiera del building hanno il loro riferimento nel Samoter International Award, con il Concorso Novità Samoter si darà visibilità ai produttori di macchine e tecnologie che presentano in anteprima le innovazioni costruttive e funzionali introdotte nella loro produzione. •

SOSTENIBILITÀ AL CENTRO DELLA 29ª EDIZIONE DI SAMOTER

Dall'8 all'11 maggio a Verona il tema della sostenibilità all'interno della filiera delle costruzioni; questo festazione grazie anche alla presenza di **Asphaltica** per pavimentazioni, sicurezza e infrastrutture saranno, infatti, le **GREEN ROADS**, ovvero le sostenibili e riciclabili al 100%, caratterizzate da bassi consumi energetici. In collaborazione con

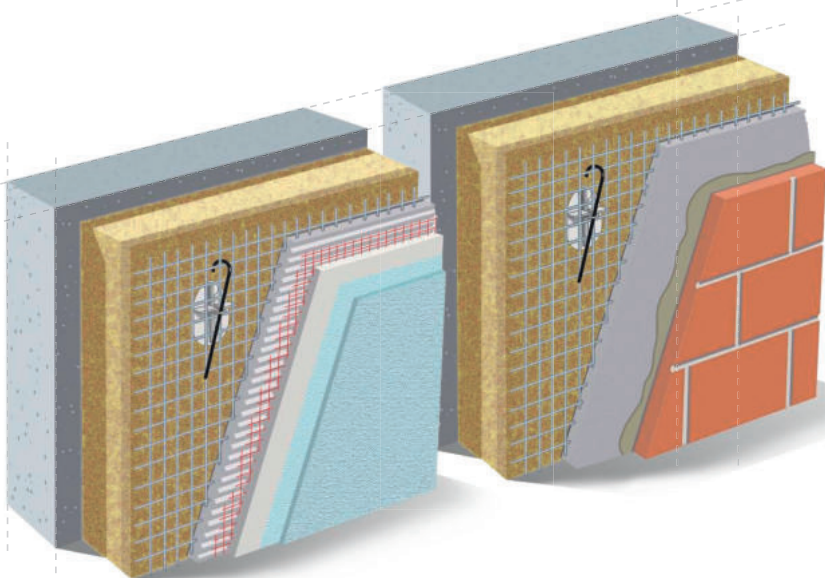
presentano:



weber.therm

robusto

La nuova generazione dei sistemi di isolamento termico che consente la massima libertà espressiva in facciata





Soluzioni
in movimento